

PATRICIO JAIME ALCOTA AGUIRRE

ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS EM UMA MINA A CÉU ABERTO

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre em Ciências
Geodésicas, Curso de Pós-Graduação em Ciências
Geodésicas, Setor de Ciências da Terra, Univer-
sidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Camil Gemael

CURITIBA

2000

“ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS EM UMA MINA A CÉU ABERTO

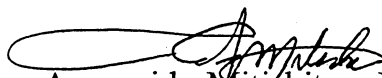
POR

PATRICIO JAIME ALCOTA AGUIRRE

Dissertação nº 151 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Prof. Dr. Camil Gemael (UFPR)
Orientador e Presidente



Prof. Dr. Edson Aparecido Mitishita – Membro (UFPR)



Prof. Dr. Francisco Humberto Simões Magro – Membro (UFRGS)

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas do Departamento de Geomática do Setor de Ciências da Terra, pela grande colaboração, além da qualidade profissional e humana de seus integrantes.

À Universidade de Antofagasta e ao Departamento de Geomensura, pelo importante apoio para a minha formação.

Ao Prof. Camil Gemael pela oportuna orientação desta dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Às Empresas Codelco-Chile, Victor Costella, e ao Colega Orlando Rodríguez R., que fizeram possível este trabalho proporcionando os dados de campo e importante material de apoio.

Ao Prof. Danilo Damasceno, ao Prof. Edson Mitishita e ao Prof. Carlos Nadal pelas valiosas sugestões.

Aos sempre amigos José Gonzáles B. e Alex Soria M. pela sua constante preocupação.

Aos Colegas Carlito Viera de Moraes e Silvio Jacks dos Anjos G, pela colaboração neste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| SUMÁRIO | iv |
| LISTA DE FIGURAS | vi |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE GRÁFICOS | ix |
| LISTA DE ABREVIATURAS | x |
| LISTA DE SIMBOLOS | xi |
| RESUMO | xii |
| RESUMEN | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS | 2 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 2 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA | 3 |
| 2 DESCRIÇÃO GERAL DA MINA DE CHUQUICAMATA | 4 |
| 2.1 LOCALIZAÇÃO | 4 |
| 2.2 GEOLOGIA DO JAZIMENTO | 4 |
| 2.3 DESCRIÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO | 7 |
| 2.3.1 Estação de Controle | 7 |
| 2.3.2 Rede de Pontos Fixos..... | 9 |
| 2.3.3 Pontos de Observação | 11 |
| 2.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA APS (<i>AUTOMATIC POLAR SYSTEM</i>)..... | 12 |
| 2.4.1 Descrição dos Dados Fornecidos pelo Sistema APS | 13 |
| 2.4.2 Correções | 14 |
| 3 PRÉ-ANÁLISE DOS DADOS | 15 |
| 3.1 TESTE DA CONSISTÊNCIA DE OBSERVAÇÕES REDUNDANTES | 15 |
| 3.1.1 Resultados do Teste | 16 |
| 3.2 PROPAGAÇÃO DAS COVARIÂNCIAS..... | 18 |
| 3.2.1 Resultados da Propagação..... | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 4 AJUSTAMENTO DA REDE DE PONTOS DE REFERÊNCIA E ESTAÇÃO DE CONTROLE, APLICANDO O CRITÉRIO DOS MÍNIMOS QUADRADOS | 20 |
| 4.1 TESTE DE QUI-QUADRADO PARA A COMPARAÇÃO ENTRE σ_0^2 E $\hat{\sigma}_0^2$ | 23 |
| 4.2 TESTE DE DATA SNOOPING NA DETECÇÃO DE ERROS GROSSEIROS | 24 |
| 4.3 CONFIABILIDADE INTERNA..... | 26 |
| 4.4 ABSORÇÃO | 27 |
| 4.5 EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO | 28 |
| 4.5.1 Modelo 1 | 28 |
| 4.5.2 Modelo 2..... | 28 |
| 4.6 RESULTADOS POR ÉPOCAS | 29 |
| 4.6.1 Modelo 1..... | 29 |
| 4.6.2 Modelo 2..... | 35 |
| 5 OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DOS PRISMAS DE OBSERVAÇÃO | 42 |
| 6 DETERMINAÇÃO,TESTES E INTERPRETAÇÃO DOS POSSÍVEIS DESLOCAMENTOS..... | 55 |
| 6.1 RESULTADOS DA ESTAÇÃO DE CONTROLE | 56 |
| 6.1.1 Variação das Componentes do Ponto APS Ajustado | 58 |
| 6.2 RESULTADOS DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO | 59 |
| 6.3 INTERPRETAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS..... | 72 |
| 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 74 |
| 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 76 |
| 9 APENDICES | 78 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO | 6 |
| FIGURA 2 - ESTAÇÃO APS OESTE | 7 |
| FIGURA 3 - TEODOLITO ELETRÔNICO SERVOMOTORIZADO TM3000..... | 8 |
| FIGURA 4 - DISTANCIÔMETRO DIOR DI3000S | 9 |
| FIGURA 5 - DISPOSIÇÃO DOS PRISMAS DE REFERÊNCIA | 10 |
| FIGURA 6 - CONFIGURAÇÃO DAS REDES GPS | 10 |
| FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DOS PRISMAS DE CONTROLE..... | 11 |
| FIGURA 8 - CONDIÇÕES DO TALUDE SEGUNDO SUA VARIAÇÃO COM O TEMPO | 73 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 1 - VALORES CRÍTICOS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE STUDENT..... | 16 |
| TABELA 2 - VALORES CALCULADOS E CRÍTICOS DO TESTE MÊS DE JANEIRO | 17 |
| TABELA 3 - VALORES CALCULADOS E CRÍTICOS DO TESTE MÊS DE FEVEREIRO..... | 17 |
| TABELA 4 - VALORES CRÍTICOS PARA O TESTE DE DATA SNOOPING | 26 |
| TABELA 5 - PARÂMETRO DE NÃO CENTRALIDADE δ_0 COMO FUNÇÃO DO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA α_0 E DA POTÊNCIA DO TESTE $(1-\beta_0)$ | 27 |
| TABELA 6 - RESULTADO TESTE DE DATA-SNOOPING..... | 34 |
| TABELA 7 - RESULTADOS TESTE DE CONFIABILIDADE INTERNA $\alpha_0 = 5\%; (1 - \beta_0) = 80\%$ | 34 |
| TABELA 8 - RESULTADO TESTE DE DATA-SNOOPING..... | 40 |
| TABELA 9 - RESULTADOS TESTE DA CONFIABILIDADE INTERNA $\alpha_0 = 5\%; (1 - \beta_0) = 80\%$ | 40 |
| TABELA 10 – COORDENADAS DA ESTAÇÃO APS DURANTE O ANO 1996 | 58 |
| TABELA 11 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 2, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 61 |
| TABELA 12 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 3, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 62 |
| TABELA 13 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 4, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 63 |
| TABELA 14 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 5, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 64 |
| TABELA 15 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 6, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 65 |
| TABELA 16 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 7, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 66 |
| TABELA 17 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 8, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 67 |

| | |
|--|----|
| TABELA 18 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 9, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 68 |
| TABELA 19 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 10, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 69 |
| TABELA 20 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 11, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 70 |
| TABELA 21 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 12, REFERIDAS À ÉPOCA 1 | 71 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| GRÁFICO 1 – VARIAÇÃO DAS COMPONENTES DO PONTO APS..... | 58 |
| GRÁFICO 2 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 2, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 61 |
| GRÁFICO 3 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 3, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 62 |
| GRÁFICO 4 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 4, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 63 |
| GRÁFICO 5 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 5, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 64 |
| GRÁFICO 6 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 6, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 65 |
| GRÁFICO 7 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 7, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 66 |
| GRÁFICO 8 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 8, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 67 |
| GRÁFICO 9 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 9, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 68 |
| GRÁFICO 10 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 10, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 69 |
| GRÁFICO 11 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 11, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 70 |
| GRÁFICO 12 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 12, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996 | 71 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|----------------------------------|
| Av | - Ângulo vertical |
| APS | - Automatic Polar System |
| Az | - Azimute |
| cos | - coseno |
| Dh | - Distância Horizontal |
| Di | - Distância inclinada |
| GPS | - Global Positioning System |
| H _a | - Hipótese Alternativa |
| H ₀ | - Hipótese Básica |
| MVC | - Matriz Variância-Covariância |
| MMQ | - Método dos Mínimos Quadrados |
| Mt | - Milhões de toneladas |
| mm | - milímetros |
| I _i | - Observação individual |
| ppm | - partes por milhão |
| sen | - seno |
| tg | - Tangente |
| Tpd | - Toneladas por dia |
| UFPR | - Universidade Federal do Paraná |

LISTA DE SIMBOLOS

| | |
|--------------------|---|
| χ^2_v | - Estatística da Distribuição de Qui-quadrado |
| χ^{*2}_v | - Estatística Calculada da Distribuição de Qui-quadrado |
| $P_{ }$ | - Matriz dos Pesos das Observações |
| $Q_{ }$ | - Matriz Cofatora das Observações |
| $N_{u \ u}$ | - Matriz dos Coeficientes das Equações Normais no Método Paramétrico |
| $\sum X$ | - MVC das Correções |
| $\sum X_a$ | - MVC dos Parâmetros Ajustados |
| $\sum V$ | - MVC dos resíduos |
| $\sum L_a$ | - MVC das Observações Ajustadas |
| α | - Nível de Significância |
| $1 - \alpha$ | - Nível de Confidência |
| v | - Número de Graus de Liberdade da Distribuição de Qui-quadrado |
| r_i | - Número de Redundância |
| $E\{\}$ | - Operador Esperança |
| w_i | - Resíduos Padronizados |
| $\hat{\sigma}_0^2$ | - Variância de Unidade de Peso a Posteriori |
| σ_0^2 | - Variância de Unidade de Peso a Priori |
| L_a | - Vetor dos Valores Ajustados |
| L_b | - Vetor dos Valores Observados |
| V | - Vetor dos Resíduos |
| $U_{u \ 1}$ | - Vetor dos Termos Independentes das Equações Normais no Método Paramétrico |
| X | - Vetor das Correções |
| X_a | - Vetor dos Valores Ajustados |
| X_0 | - Vetor dos Parâmetros Iniciais Aproximados |

RESUMO

O presente trabalho visa analisar os deslocamentos ocorridos em uma mina a céu aberto localizada no norte de Chile. Os dados empregados para a pesquisa foram fornecidos pela Empresa Codelco-Chile, División Chuquicamata, obedecendo a um sistema de controle implantado para a avaliação dos deslocamentos. Foram utilizadas metodologias diferentes daquelas que têm sido aplicadas no local: sistema *Automatic Polar System*, a fim de que forneça uma ferramenta de comparação e avaliação das metodologias atualmente aplicadas. Os métodos utilizados para processar os dados foram baseados principalmente na teoria do Método dos Mínimos Quadrados aplicando-se testes de hipótese para avaliar os resultados e para verificar se os deslocamentos são significativos. Pode-se concluir baseando-se nos resultados e testes aplicados, que os deslocamentos realmente existem ao longo do tempo; podendo ser indicativo para pesquisas posteriores com respeito à avaliação quantitativa do real deslocamento e qual é a porção dos erros sistemáticos que estão afetando os resultados.

Palabras-chave: deslocamento; ajustamento; método dos mínimos quadrados, testes de hipótese.

RESUMEN

El presente trabajo busca analizar los dislocamientos ocurridos en una mina a cielo abierto ubicada al norte de Chile. Los datos empleados para la investigación fueron proporcionados por la empresa Codelco-Chile, División Chuquicamata, correspondiendo a un sistema de control implantado para la evaluación de los dislocamientos. Fueron usadas metodologías distintas a las aplicadas en la mina, Sistema *Automatic Polar System*, con el objetivo de proporcionar una herramienta de comparación y evaluación con las metodologías actualmente empleadas. Los métodos usados para procesar los datos están basados principalmente en la teoría del Método de los Mínimos Cuadrados; aplicándose pruebas de hipótesis para evaluar los resultados y si los dislocamientos son significativos. Se puede concluir basándose en los resultados y testes aplicados, que los dislocamientos realmente existen en el transcurso del tiempo, siendo indicativo para investigaciones posteriores, la evaluación cuantitativa de cuánto es el dislocamiento real y cuánto es la porción de los errores sistemáticos que están afectando los resultados.

Palabras-clave: dislocamientos; ajuste; método de los mínimos cuadrados; testes de hipótesis.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente uma das tarefas mais importantes nas minas a céu aberto é o monitoramento de redes para determinar as mudanças em corpos deformáveis, seja em forma, seja em dimensão e seja em posição. Estes deslocamentos são detectados, principalmente, pelas variações das coordenadas dos pontos observados.

Existem vários métodos para avaliar estes movimentos. Podem ser mencionados os métodos geodésicos convencionais, os fotogramétricos, os espaciais, os geotécnicos e os estruturais.

No caso em estudo, uma rede de monitoramento convencional foi implantada para este objetivo na mina de *Chuquicamata*; isto é, existem marcos nos quais ângulos e distâncias têm sido medidos.

Segundo Ashkenazi *et al.* (1980), uma rede de monitoramento consiste em um determinado número de pontos de controle, ou horizontais, ou verticais, ou ambos, e uma grande quantidade de observações. Esta rede, assim constituída, é a única maneira de determinar movimentos com acurácia.

Na bibliografia existente sobre redes de monitoramento de deformações (e.g. Silva 1997), o processo é dividido em quatro etapas, na seqüência, relacionadas.

A primeira etapa, denominada especificação, requer um conhecimento *a priori* da grandeza dos movimentos, o qual é, também, uma condição para estabelecer a precisão dos equipamentos utilizados.

A segunda etapa, denominada concepção, visa atingir a melhor configuração das estações de controle e das estações de observação.

A terceira etapa, denominada implementação, é a etapa de maior custo, porque é a que envolve técnicas de medição e problemas tais como centragem do instrumento, pontaria aos alvos e nivelamento do equipamento.

A quarta etapa, denominada análise, é a última etapa na qual as observações são estatisticamente analisadas. Nesta etapa, a análise estatística consiste na detecção de erros grosseiros (*blunders*), estimação de parâmetros e comparação

entre os conjuntos de dados provenientes de épocas diferentes. Esta análise visa determinar as reais variações das coordenadas. Nesta etapa é feito também um estudo de otimização da rede do ponto de vista da confiabilidade interna.

As três primeiras etapas já estavam feitas na mina em estudo. Neste trabalho, apenas será feita a organização e geração das bases de dados e a análise estatística destes, aplicando modelos desenvolvidos em Geodésia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Pretende-se com o presente trabalho, baseado num método de ajustamento utilizado amplamente na Geodésia, proporcionar uma ferramenta para a avaliação das metodologias aplicadas atualmente no local de estudo. Estas metodologias determinam a magnitude das variações das coordenadas dos pontos de observação distribuídos pelas zonas 5, 6 e 7 do lado leste da mina, o qual é considerado o mais estável.

Para este propósito, aplicar-se-ão o MMQ e, posteriormente, os testes estatísticos para a detecção de erros grosseiros. Analisar-se-ão, também, os aspectos de confiabilidade interna da rede.

1.2.2 Objetivos Específicos

São buscados os seguintes objetivos específicos :

- fazer uma pré-análise dos dados e da propagação de erros;
- analisar estatisticamente os dados após o ajustamento pelo MMQ;
- tratando-se de uma rede com injunções, para o ajustamento da estação de controle APS, o sistema de equações normais é não singular e é resolvido pelo método paramétrico do MMQ. Este ajustamento foi feito para todas as

épocas. Uma vez obtidas as matrizes covariâncias para cada época, foi realizado o teste de qui-quadrado para a detecção de erros grosseiros;

- analisar os aspectos da confiabilidade interna da rede.
- Propagar as coordenadas a partir do ponto ajustado APS, para os pontos de observação localizados no lado leste da mina;
- analisar os resultados a partir das informações do ajustamento e propagação das coordenadas para os pontos de observação, para cada época. As informações de deslocamento serão tabeladas e representadas em forma de gráficos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os métodos atuais utilizados para o monitoramento de deformações na mina de *Chuquicamata* estão baseados no sistema APS (*Automatic Polar System*) de observação e de monitoramento, constituído por equipamento e programas da LEICA AG (WILD). O programa para operação, parametrização e controle do sistema é designado por APSWIN, que analisa os desvios dos pontos observados e gera tabelas de diferenças de coordenadas entre os valores atuais e as do ciclo de referência.

As rotinas para corrigir os desvios da posição tanto do equipamento como dos pontos observados são feitas através da transformação linear no caso em que os prismas de controle estejam dispostos em forma alongada, ou a transformação de Helmert no caso da existência de uma distribuição melhor conformada no espaço.

É importante mencionar que estes métodos de cálculo são de menor precisão em comparação com aqueles que são utilizados no campo da Geodésia.

2 DESCRIÇÃO GERAL DA MINA DE CHUQUICAMATA

2.1 LOCALIZAÇÃO

O complexo mineiro e metalúrgico de *Chuquicamata*, que pertence a CODELCO CHILE, situa-se na Segunda Região de Antofagasta, Província do Loa, a 2800 m acima do nível do mar, a 16 km ao norte da cidade de Calama e a 240 km ao nordeste do Porto de Antofagasta, como pode-se observar na Figura 1. O depósito de mineral compreende uma área de 10 km de comprimento norte-sul por 1,5 km na direção leste-oeste, achando-se em uma depressão que está limitada pelos morros *Montecristo* e *Atahualpa*. O ponto médio da Mina tem as coordenadas 22° 03' latitude sul e 68° 55' longitude oeste.

O método de extração empregado é a céu aberto (*Open Pit*) sob o esquema de “bancos” fechados de altura variável entre 24 e 30 m, deixando “bermas” de 11 m de largura. Na atualidade, a mina tem 4 km de comprimento por 2,5 km de largura e 670 m de profundidade.

Da mina são extraídas cerca de 170 milhões de toneladas (Mt) por ano de material, das quais cerca de 55 Mt correspondem ao mineral. O ritmo da extração total é de cerca de 555.000 toneladas por dia (tpd).

2.2 GEOLOGIA DO JAZIMENTO

A área mineralizada do jazimento de *Chuquicamata*, encontra-se situada em um corpo intrusivo terciário relacionado à presença da megaestrutura denominada *Falha Oeste*. Esta unidade intrusiva corresponde a um bloco de rochas porfíricas de composição graniodorítica, conhecida com o nome de *Pórfiro Chuqui*, no qual é possível reconhecer variações texturais que permitem diferenciar unidades dentro deste corpo principal.

A morfologia do jazimento é definida pela influência de *Falha Oeste*, a qual imprime-lhe lineamentos geológicos e estruturais de orientação geral Norte-Sul.

O limite Norte de *Pórfiro Chuqui* está coberto por cascalhos, estando sua continuidade reconhecida abaixo delas e se intromete nas séries estratificadas jurássicas, enquanto que na direção sul cunha-se na *Falha Oeste*. Esta última define o contato accidental do pórfiro com o Graniodorito Fortuna.

Os corpos intrusivos da mina estavam cobertos parcialmente por algumas dezenas de metros de materiais coluviais.

As rochas intrusivas maciças possuem uma porosidade e permeabilidade muito baixa, além disso tais índices aumentaram notavelmente com o fraturamento provocado pela extração e adquirindo uma porosidade fissural e uma interconexão hidráulica, as quais são diretamente proporcionais as magnitudes, aberturas e densidade do fraturamento.

A zona da *Falha Oeste*, é constituída por uma alternância semi vertical de rochas muito brechadas, alcançando uma granulometria muito fina do tipo argila; estas últimas possuem alta porosidade, quer dizer, são capazes de absorver água facilmente, mas tem baixa permeabilidade, retendo a água absorvida.

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO



FONTE : GENERAL LIBRARIES.UNIV. OF TEXAS AT AUSTIN

2.3 DESCRIÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO

Na atualidade, a configuração geral da rede de monitoramento de deformação utilizada em *Chuquicamata* obedece ao programa necessário para aplicar o sistema desenvolvido pela LEICA AG (WILD), chamado Automatic Polar System (APS), e cujas características, na seqüência, são descritas.

2.3.1 Estação de Controle

A Estação de Controle conhecida como APS Oeste, consiste em um local para a instalação do instrumento topográfico. Este local é provido de uma cabine de proteção climatizada e com grandes superfícies em vidro especial anti-refração, contém também o computador que gerencia toda a operação. Mostra-se na Figura 2 a Estação de Controle APS Oeste.

FIGURA 2 - ESTAÇÃO APS OESTE



FONTE: CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

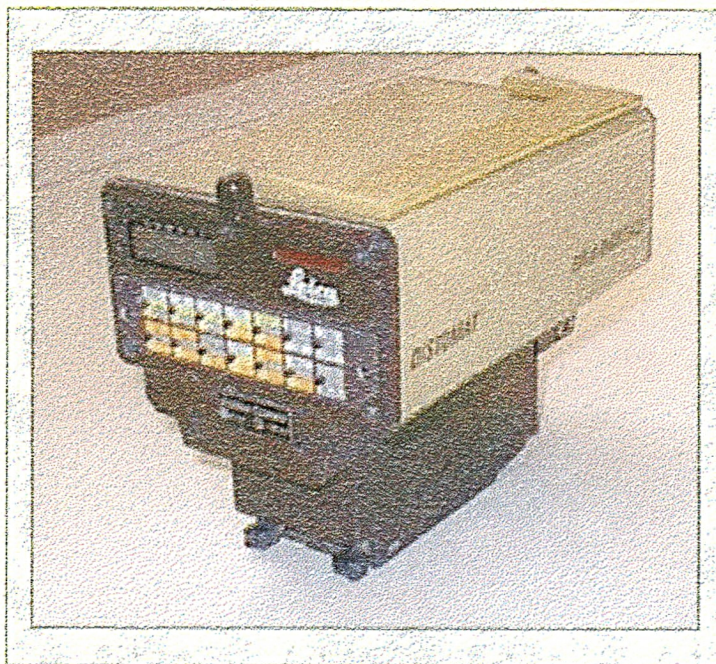
Utilizam-se equipamentos topográficos de precisão, consistindo em um teodolito eletrônico servomotorizado TM3000 de precisão 0,5" e de um distanciômetro eletrônico DIOR DI3000S de precisão 3 mm + 1 ppm, como se mostra nas Figuras 3 e 4.

FIGURA 3 - TEODOLITO ELETRÔNICO SERVOMOTORIZADO TM3000



FONTE : CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

FIGURA 4 - DISTANCIÔMETRO DIOR DI3000S

**DISTANCIOMETRO DIOR DI3000S**

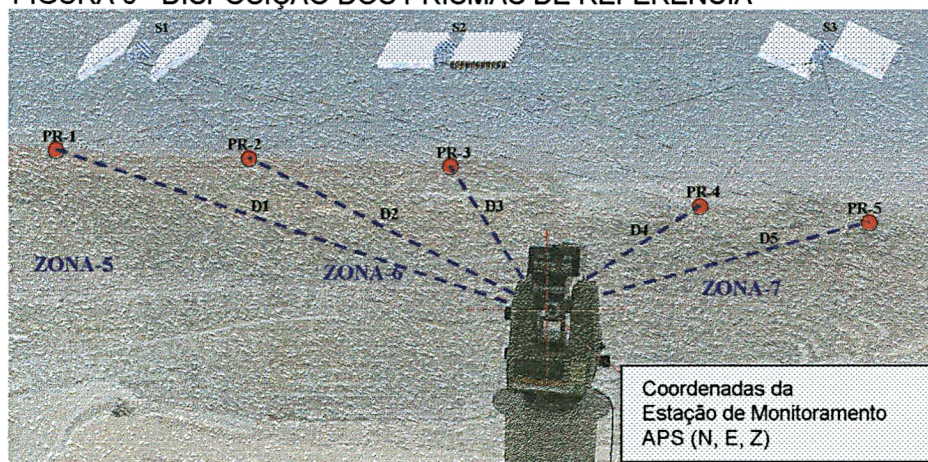
FONTE : CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

2.3.2 Rede de Pontos Fixos

Estão fixados um conjunto constituído de 5 prismas de referência fora do local de observação, aos quais o equipamento faz pontaria obtendo suas coordenadas, antes de iniciar um ciclo de medidas.

É importante situar estes pontos nos quais estão fixados os prismas, em marcos sólidos de concreto, em áreas longe das influências da mina e em áreas estáveis. A Figura 5 mostra a distribuição destes pontos.

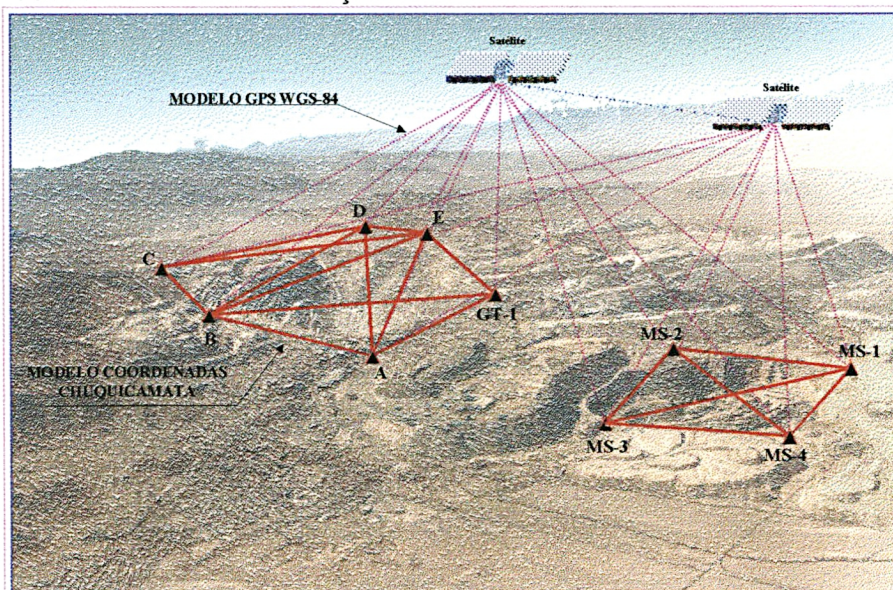
FIGURA 5 - DISPOSIÇÃO DOS PRISMAS DE REFERÊNCIA



FONTE : CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

As coordenadas destes pontos foram determinadas através do rastreo dos satélites do GPS (*Global Positioning System*), para estabelecimento de um referencial local, como se mostra na Figura 6.

FIGURA 6 - CONFIGURAÇÃO DAS REDES GPS

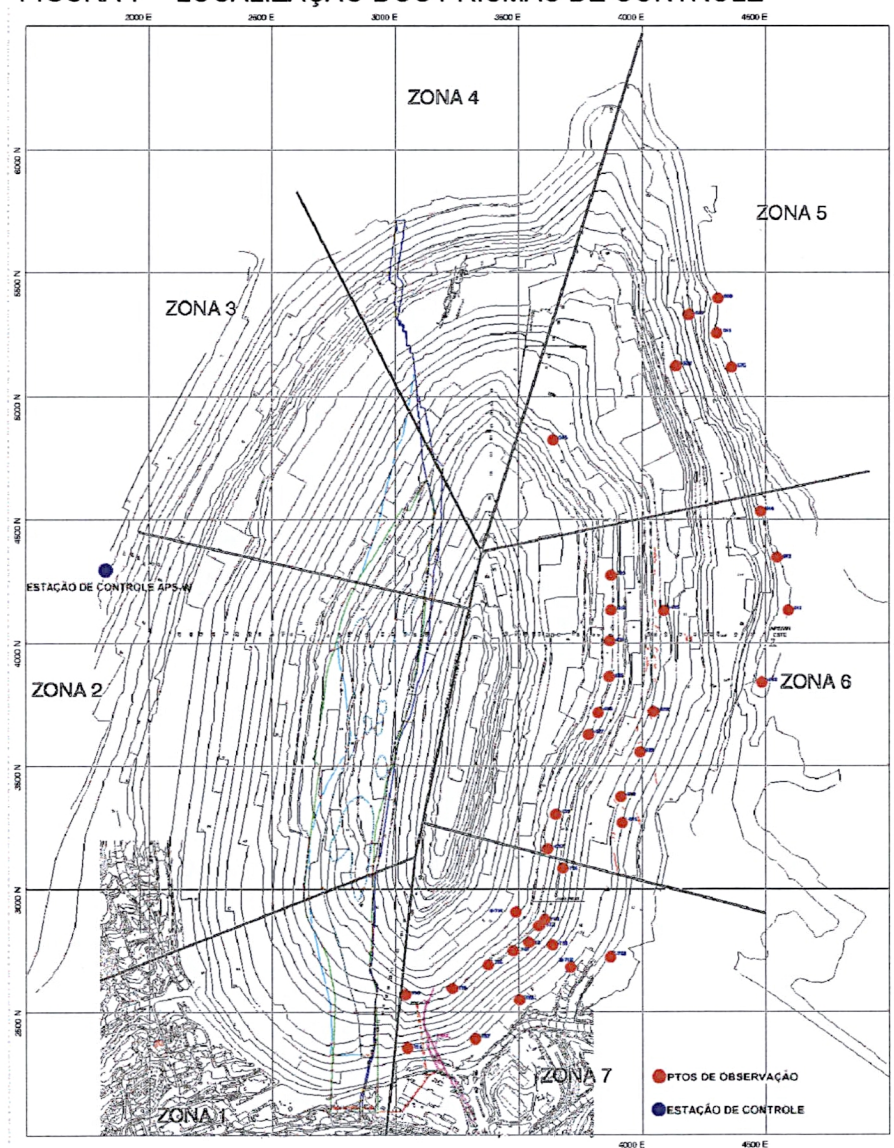


FONTE : CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

2.3.3 Pontos de Observação

A fim de obter as observações, é empregado um conjunto de prismas num total de 70 unidades, situado na parede leste da mina, a qual é considerada a mais estável (zonas 5, 6 e 7) conforme mostra a Figura 7.

FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DOS PRISMAS DE CONTROLE



FONTE : CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

Na realidade foram utilizados 36 destes prismas de controle para o presente trabalho. A escolha destes prismas foi baseada na existência de medidas para estes pontos em todas as épocas consideradas.

2.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA APS (AUTOMATIC POLAR SYSTEM)

O sistema APS baseia-se principalmente na determinação das coordenadas X, Y, Z dos pontos observados utilizando como método de análise a comparação direta de coordenadas, ao longo do período de observação. Sendo um processo topográfico para o monitoramento de deslocamentos, pode ser considerado de alta rapidez, de precisão média e de alcance alto; sendo o máximo recomendável até 500 m.

O programa para operação, parametrização e controle do sistema é designado por APSWIN (V1.2) e funciona em ambiente WINDOWS. As principais características deste programa são : (MESQUITA, 1996).

Parametrizar todo o sistema, dependendo de, entre outros aspectos:

- tipo de instrumento topográfico utilizado;
- número e tipo de prismas de reflexão total utilizados;
- tipo de rotina para correção de desvios de posição do instrumento (linear ou Helmert);
- número de repetições de leitura para cada ponto observado;
- controle da validade das leituras, no caso de mais que uma leitura por ponto, a fim de incrementar a confiabilidade das leituras registradas;
- tempo de espera para nova tentativa de leitura, no caso de linhas de visada temporariamente obstruídas;
- passo da pesquisa automática e extensão da região a varrer, quando o prisma a ser observado não for detectado no enquadramento do campo visual do instrumento;
- controlar diversas tolerâncias e critérios de alarme (de desvio do instrumento, de desvio dos pontos de referência, de desvio dos pontos observados, etc.);
- controlar os "point set" ou seja o conjunto de pontos incluídos em cada ciclo de observação. Os ciclos de leitura podem não incluir todos os pontos instalados. Cada "point set" inclui apenas os pontos pretendidos para cada ciclo de leitura;
- controlar o "timer" em tempo real, ou seja a definição dos horários em que cada "point set" deve ser observado;
- analisar os desvios dos pontos observados através da produção de tabelas de diferenças de coordenadas entre os valores atuais e as do ciclo de referência (Delta X, Delta Y, Delta Z).

- controlar a produção de gráficos comparativos.

A instalação do sistema consiste no seguinte:

- Um conjunto de prismas em locais fixos, designados prismas de referência com os quais se estabelece um referencial local o absoluto.
- O instrumento posicionado num local rígido ou que permaneça rígido durante o ciclo de leituras. Sendo um ciclo de leitura a operação durante a qual o sistema procede à leitura de todos os prismas do "point set", efetua as compensações necessárias, calcula as coordenadas de todos os prismas e imprime as diferenças de coordenadas relativamente ao ciclo de referência.
- Sendo um sistema de eixos local seria preferível configurar o instrumento com coordenadas 0; 0; 0. A orientação dos eixos pode ser qualquer uma.
- Definida a origem e a orientação é necessário se efetuar o "Learn" (Aprendizado) dos prismas de referência e também os prisma objeto da observação. Esta operação consiste na obtenção através de pontaria manual, as coordenadas dos prismas a primeira vez que forem lidos. Daí para diante todas as medidas e cálculos de coordenadas serão completamente automáticos.
- Se o sistema de eixos for absoluto, tanto as coordenadas do instrumento como a orientação do sistemas de eixos terão que ser impostas.

2.4.1 Descrição dos Dados Fornecidos pelo Sistema APS

Os resultados que proporciona o sistema APS obedecem à seguinte estrutura:

APSWin Report Job : C:\APS_41\GEO1\1997E\NATU_W Date : 04.01.1997 Time : 19:58:29

| CYCLE, | DATE, | TIME, | HZ, | V, | SLOPE, | T_HEIGHT, | Y, | X, | Z, | POINT_ID, |
|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1, | 04.01.1997, | 18:31:22, | 57.8125, | 98.2532, | 3821.134, | 0.000, | 6645.095, | 4823.846, | 3121.856, | P1, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:31:58, | 76.8164, | 98.8902, | 3112.356, | 0.000, | 5403.486, | 4720.436, | 3070.942, | P2, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:32:36, | 97.0404, | 98.7280, | 3611.122, | 0.000, | 4462.918, | 5419.112, | 3089.062, | P3, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:33:14, | 152.2563, | 103.5630, | 3024.052, | 0.000, | 2085.783, | 3870.693, | 2847.486, | P4, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:33:53, | 170.8438, | 105.7738, | 2939.863, | 0.000, | 1668.963, | 3107.199, | 2750.344, | P5, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:34:32, | 73.6003, | 100.2469, | 2724.594, | 0.000, | 5392.872, | 4306.303, | 3005.964, | C-550, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:35:08, | 83.2093, | 100.3041, | 2684.934, | 0.000, | 4995.093, | 4404.716, | 3003.691, | C-551, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:35:43, | 83.9029, | 102.4066, | 2584.570, | 0.000, | 4941.257, | 4313.291, | 2918.800, | C-558, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:36:20, | 73.9923, | 102.3504, | 2593.196, | 0.000, | 5324.619, | 4190.860, | 2920.765, | C-559, |
| 1, | 04.01.1997, | 18:36:57, | 75.5343, | 112.0332, | 2103.944, | 0.000, | 5069.939, | 3728.523, | 2620.997, | C-562, |

Correspondendo as colunas respectivamente ao número de ciclo de medidas iniciado pelo equipamento; à data e hora que foi realizada a medição; ao ângulo horizontal que é o mesmo azimuth, já que a zeragem foi orientada ao norte local; ao

ângulo zenital; à distância inclinada corrigida; à altura do prisma; às coordenadas X, Y, Z calculadas pelo sistema dos pontos medidos e finalmente à identificação do ponto.

É importante destacar também que cada ponto, seja de controle (considerado fixo) como de observação, foi medido quatro vezes no mês.

2.4.2 Correções

Os dados brutos obtidos do processo de medição foram corrigidos somente na parte linear, ou seja, na distância horizontal e vertical reduzida dos erros sistemáticos produzidos pela curvatura e refração terrestre. As fórmulas de redução utilizadas para este trabalho são as mesma que o sistema APS da Leica fornece na bibliografia do equipamento, e que é apresentada a seguir:

- Distância Horizontal:

$$DH = Di * |\text{sen } \zeta| - A * Di * \cos \zeta * Di * |\text{sen } \zeta|, \quad (1)$$

- Distância Vertical:

$$DV = Di * \cos \zeta + B * (Di * |\text{sen } \zeta|)^2, \quad (2)$$

onde:

ζ é o ângulo zenital,

$$A = (1-k/2)/R = 1,47*10^{-7} \text{ [m}^{-1}\text{]},$$

$$B = (1-k)/2*R = 6,83*10^{-8} \text{ [m}^{-1}\text{]},$$

$$k = 0,13,$$

$$R = 6,37*10^6 \text{ m (raio da terra).}$$

3 PRÉ-ANÁLISE DOS DADOS

3.1 TESTE DA CONSISTÊNCIA DE OBSERVAÇÕES REDUNDANTES

A necessidade de se realizar uma pré-análise dos dados é basicamente devido à possível existência de erros grosseiros nas observações que após de executado o ajustamento por MMQ, ficaram distribuídos nas observações vizinhas degradando a qualidade dos resultados.

No caso em estudo tem-se observações redundantes tanto de azimuth, de ângulo vertical e de distância, consistindo em quatro observações por ponto de controle em uma época considerada de um mês.

Cada observação individual (l_i) pode ser testada estatisticamente contra o resto das observações, conseguindo determinar se elas são estatisticamente compatíveis.

Para tal efeito aplica-se um teste de hipótese a um certo nível de significância α (considerado 5%). Assumindo a hipótese nula H_0 da seguinte forma:

$H_0 = l_i$ é compatível com o resto das observações.

A estatística para testar a hipótese nula pode-se determinar considerando que a variância das observações foi obtido das mesmas, e seguindo as recomendações de Shanglong (1996), fica expresso como:

$$|y| \leq t_{1-\alpha/2, (n-1)}, \quad (3)$$

que corresponde à Distribuição de Student, onde n é a quantidade de observações e $(n-1)$ são os graus de liberdade. Para o caso em estudo H_0 é aceito a um nível de confiança $(1-\alpha)$ se cumpre a equação (3).

Alguns valores críticos da Distribuição de Student a um nível de confiança de 95% são dados por Shanglong (1996), e que a seguir se mostram na tabela 1.

TABELA 1 - VALORES CRÍTICOS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE STUDENT

| r (graus de liberdade) | $t_{1-\alpha/2,(n-1)}$ |
|---------------------------|------------------------|
| 2 | 1.41 |
| 3 | 1.64 |
| 4 | 1.76 |
| 5 | 1.81 |
| 6 | 1.85 |
| 7 | 1.87 |
| 8 | 1.88 |
| 9 | 1.90 |
| 10 | 1.90 |
| 15 | 1.93 |
| 20 | 1.94 |
| 25 | 1.94 |
| 30 | 1.94 |
| 35 | 1.95 |
| 40 | 1.95 |
| 50 | 1.95 |
| 60 | 1.95 |
| 80 | 1.96 |
| 100 | 1.96 |

FONTE SHANGLONG (1996)

O valor do estatístico y obtido das observações calcula-se da seguinte forma:

$$y = \frac{l_i - \bar{l}}{\sqrt{\frac{n-1}{n} s}} \quad , \quad (4)$$

onde:

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i \quad , \quad (5)$$

$$s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (l_i - \bar{l})^2 \quad . \quad (6)$$

3.1.1 Resultados do Teste

Calculou-se os valores do estatístico y para cada observação (azimute, ângulo vertical e distância) e comparou-se com o valor crítico, resultando os valores que se podem ver na Tabela 2 e 3.

Esta pré-análise foi feita para as épocas 1 e 2, que correspondem aos meses janeiro e fevereiro do ano 1996.

TABELA 2 - VALORES CALCULADOS E CRÍTICOS DO TESTE MÊS DE JANEIRO

| li | P 1 | | P 2 | | P 3 | | P 4 | | P 5 | |
|-----|-------|------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | y | t | y | t | y | t | y | t | y | t |
| Az1 | 1.400 | 1,64 | 0,283 | 1,64 | 1.715 | 1,64 | 0,988 | 1,64 | 0,229 | 1,64 |
| Az2 | 0,2 | 1,64 | 0,566 | 1,64 | 0,686 | 1,64 | 0,11 | 1,64 | 0,229 | 1,64 |
| Az3 | 0,2 | 1,64 | 0,849 | 1,64 | 0,686 | 1,64 | 1.646 | 1,64 | 1.606 | 1,64 |
| Az4 | 1.400 | 1,64 | 1.697 | 1,64 | 0,343 | 1,64 | 0,549 | 1,64 | 1.147 | 1,64 |
| Av1 | 1.071 | 1,64 | 0 | 1,64 | 0,229 | 1,64 | 0,7 | 1,64 | 0,447 | 1,64 |
| Av2 | 0,092 | 1,64 | 1.414 | 1,64 | 1.606 | 1,64 | 1.260 | 1,64 | 1.342 | 1,64 |
| Av3 | 1.623 | 1,64 | 0 | 1,64 | 0,229 | 1,64 | 0,98 | 1,64 | 0,447 | 1,64 |
| Av4 | 0,459 | 1,64 | 1.414 | 1,64 | 1.147 | 1,64 | 0,98 | 1,64 | 1.342 | 1,64 |
| Dh1 | 0,52 | 1,64 | 0,273 | 1,64 | 0,824 | 1,64 | 1.686 | 1,64 | 1.678 | 1,64 |
| Dh2 | 0,821 | 1,64 | 1.388 | 1,64 | 1.539 | 1,64 | 0,359 | 1,64 | 0,962 | 1,64 |
| Dh3 | 1.377 | 1,64 | 0,273 | 1,64 | 0,235 | 1,64 | 0,39 | 1,64 | 0,321 | 1,64 |
| Dh4 | 1.076 | 1,64 | 1.388 | 1,64 | 0,948 | 1,64 | 0,937 | 1,64 | 0,395 | 1,64 |

TABELA 3 - VALORES CALCULADOS E CRÍTICOS DO TESTE MÊS DE FEVEREIRO

| li | y | t | y | t | y | t | y | t | y | t |
|-----|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Az1 | 1,00E-10 | 1,64 | 1,677 | 1,64 | 0,988 | 1,64 | 0,482 | 1,64 | 0,992 | 1,64 |
| Az2 | 1,00E-10 | 1,64 | 0,152 | 1,64 | 0,110 | 1,64 | 1,721 | 1,64 | 1,172 | 1,64 |
| Az3 | 1,414 | 1,64 | 0,762 | 1,64 | 0,549 | 1,64 | 0,482 | 1,64 | 0,812 | 1,64 |
| Az4 | 1,414 | 1,64 | 0,762 | 1,64 | 1,646 | 1,64 | 0,757 | 1,64 | 0,992 | 1,64 |
| Av1 | 1,667 | 1,64 | 1,606 | 1,64 | 1,454 | 1,64 | 0,577 | 1,64 | 0,577 | 1,64 |
| Av2 | 0,333 | 1,64 | 0,229 | 1,64 | 0,044 | 1,64 | 0,577 | 1,64 | 0,577 | 1,64 |
| Av3 | 1,000 | 1,64 | 1,147 | 1,64 | 1,366 | 1,64 | 0,577 | 1,64 | 0,577 | 1,64 |
| Av4 | 0,333 | 1,64 | 0,229 | 1,64 | 0,132 | 1,64 | 1,732 | 1,64 | 1,732 | 1,64 |
| Dh1 | 1,479 | 1,64 | 1,324 | 1,64 | 1,491 | 1,64 | 1,704 | 1,64 | 1,279 | 1,64 |
| Dh2 | 1,285 | 1,64 | 1,461 | 1,64 | 1,033 | 1,64 | 0,392 | 1,64 | 1,206 | 1,64 |
| Dh3 | 0,363 | 1,64 | 0,295 | 1,64 | 0,320 | 1,64 | 0,858 | 1,64 | 0,709 | 1,64 |
| Dh4 | 0,170 | 1,64 | 0,158 | 1,64 | 0,778 | 1,64 | 0,454 | 1,64 | 0,637 | 1,64 |

Nas tabelas 2 e 3 mostram-se quatro observações de azimuth (Az), de ângulo vertical (Av) e de distância horizontal (Dh), para os cinco pontos de referência considerados fixos (P1 a P5). As medidas destacadas de preto correspondem a observações consideradas pelo teste como estatisticamente incompatíveis com o resto do grupo. Estas observações deveriam ser rejeitadas para realizar o processo de ajustamento.

Devido à pouca quantidade de observações para cada época, e visando ao objetivo deste trabalho que é testar a metodologia atualmente utilizada, trabalhou-se com todas as observações.

3.2 PROPAGAÇÃO DAS COVARIÂNCIAS

A lei de propagação das covariâncias se procede considerando duas variáveis aleatórias multidimensionais Y e X , relacionadas por um modelo linear (GEMAEL, 1994):

$${}_m Y_1 = {}_m G_n {}_n X_n + {}_n C1. \quad (7)$$

Após de aplicar o operador $E\{\}$ em ambos os membros da equação (7), obtém-se:

$$\Sigma_Y = G \Sigma_X G^T. \quad (8)$$

A equação (8) pode ser generalizada para o caso de dependência não linear.

$$Y = F(X), \quad (9)$$

e aplicando-se o desenvolvimento de Taylor vem que:

$$Y = F(X) \cong F(X^0) + \partial F / \partial X|_{X^0} (X - X^0). \quad (10)$$

Procedimento análogo ao anterior conduz à lei de propagação das covariâncias:

$$\Sigma_Y = D \Sigma_X D^T, \quad (11)$$

sendo D a matriz do modelo linearizado para o transporte de coordenadas.

No caso em estudo propagou-se as covariâncias das observações de azimute, ângulo zenital e distância horizontal para as coordenadas X , Y e Z dos pontos de controle da época 1 (janeiro). Com este teste pode-se observar qual seria o desvio padrão que teriam as coordenadas com os dados fornecidos pelo equipamento. É importante também destacar que a matriz variância-covariância das observações (Σ_X) foi calculada das mesmas, aplicando a equação (6).

Os modelos matemáticos ($Y=F(X)$) que ligam as observações de azimute, ângulo vertical e distância inclinada, com as coordenadas X , Y , e Z são apresentados nas equações (12), (13) e (14).

$$X_{p_i} = X_0 + D_i * \sin(Az) * \sin(Av), \quad (12)$$

$$Y_{p_i} = Y_0 + D_i * \cos(Az) * \sin(Av), \quad (13)$$

$$Z_{p_i} = Z_0 + D_i * \cos(Av). \quad (14)$$

3.2.1 Resultados da Propagação

A seguir se mostra a matriz variância-covariância das coordenadas uma vez feita a propagação para os cinco pontos de controle medidos na época 1 (janeiro).

MVC COORDENADAS ($MVC_{X,Y,Z}$):

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.279 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1.390 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0.003 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 3.128 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0.456 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.745 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.090 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.032 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.133 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001 |

Sendo uma matriz diagonal os elementos desta correspondem às variâncias das componentes X, Y, Z dos pontos P1 a P5 respectivamente. Com estes resultados pode-se ter uma noção dos desvios esperados para cada ponto.

4 AJUSTAMENTO DA REDE DE PONTOS DE REFERÊNCIA E ESTAÇÃO DE CONTROLE, APLICANDO O CRITÉRIO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

Uma das etapas na análise de deslocamento é o ajustamento das observações pelo critério do MMQ.

No caso em estudo realizou-se um ajustamento considerando os pontos de referência como fixos para determinar as coordenadas da estação de controle (APS). As observações de azimuth, ângulo zenital e distância foram medidas desde a estação de controle aos pontos fixos (P1 a P5).

A finalidade deste ajustamento é determinar um ponto inicial confiável (datum), e verificar se houve deslocamento deste ponto. A partir da determinação deste ponto propagou-se as coordenadas aos pontos de observação para comprovar se existe deslocamento.

Devido à existência de superabundância de observações, o sistema de equações resultante não é compatível com o modelo funcional; isto é, não tem solução única. Por tanto as observações originais, representadas pelo vetor L_b , devem ser substituídas por observações ajustadas (estimadas pelo ajustamento) L_a , para satisfazer o modelo.

Da diferença entre os valores estimados e os observados resulta o vetor (GEMAEL, 1994) :

$$V = L_a - L_b, \quad (15)$$

que é chamado de resíduo. A análise dos elementos deste vetor determina a confiabilidade do modelo.

Considerando observações redundantes têm-se diferentes valores de V . O objetivo dos MMQ é obter um grupo de observações ajustadas que satisfaçam o princípio :

$$\phi = V^T P V = \text{mínimo} , \quad (16)$$

sendo P a matriz dos pesos das observações e pode ser obtida por :

$$P_{ii} = Q_{ii}^{-1} , \quad (17)$$

em que Q_{ii} é a matriz cofatora obtida da matriz variância-covariância estimada do vetor das observações, a qual é expressa por :

$$Q_{ii} = \frac{1}{\sigma_o^2} \sum L_b, \quad (18)$$

em que σ_o^2 é a variância da unidade de peso (*a priori*). Esta variância é um fator de escala adimensional que é numericamente igual à variância de observação considerada com peso unitário.

Para observações não correlacionadas entre si, a matriz P resulta uma matriz diagonal, ou seja, os elementos diagonais de P e Q são os pesos e o inverso dos pesos das observações, respectivamente.

O modelo matemático que representa a estrutura dos dados da mina, e que se aplica o método chamado paramétrico pelo critério do MMQ é

$$L_a = F(X_a). \quad (19)$$

Na equação (19), as observações ajustadas são função dos parâmetros ajustados. O grupo das variáveis chamadas parâmetros, também possuem propriedades estocásticas e devem-se estimar na etapa inicial do ajustamento.

As equações do modelo expresso pela equação (19) nem sempre são lineares. Portanto, para trabalhar com a forma clássica do MMQ, deve-se linearizá-la pela série de expansão de Taylor. Então, considerando,

$$L_a = L_b + V, \quad (20)$$

e

$$X_a = X_o + X, \quad (21)$$

nas quais :

n é o número de equações;

u é o número de parâmetros;

L_a é o vetor das observações ajustadas de ordem (nx1);

L_b é o vetor das observações de ordem (nx1);

V é o vetor dos resíduos de ordem (nx1);

X_a é o vetor dos parâmetros ajustados de ordem (ux1);

X_o é o vetor dos parâmetros iniciais aproximados de ordem (ux1);

X é o vetor das correções de ordem (ux1);

e substituindo as equações (20) e (21) na (19) e posteriormente linearizando, obtém-se :

$$L_b + V = F(X_o) + \frac{\partial F}{\partial X_a} \bigg|_{X_a=X_o} X . \quad (22)$$

Chamando a função avaliada em X_o como L_o e a derivada parcial da função avaliada em X_o como $A = \frac{\partial F}{\partial X_a} \bigg|_{X_o}$, pode-se escrever :

$$V = L_o - L_b + AX , \quad (23)$$

em que:

$$L = L_o - L_b . \quad (24)$$

Finalmente, o modelo matemático linearizado para o método paramétrico fica:

$${}_nV_1 = {}_nA_{uu} X_1 + {}_nL_1 . \quad (25)$$

Para obter a solução das equações normais (vetor X), substitui-se a equação (25) na equação (16), calcula-se a 1ª derivada e iguala-a a zero, resultando:

$$X = -(A^T PA)^{-1} A^T PL , \quad (26)$$

e fazendo :

$$N = A^T PA ,$$

$$U = A^T PL , \quad (27)$$

finalmente, obtém-se :

$$X = -N^{-1}U . \quad (28)$$

A precisão destas grandezas, sejam correções (X), sejam parâmetros ajustados (X_a), sejam resíduos (V) ou sejam observações ajustadas (L_a) podem ser obtidas das respectivas matrizes variância-covariâncias dadas pelas seguintes relações :

matriz variância-covariância das correções (Σ_X)

$$\Sigma_X = \hat{\sigma}_o^2 N^{-1} ; \quad (29)$$

matriz variância-covariância dos parâmetros ajustados (Σ_{xa})

$$\Sigma_{X_a} = \hat{\sigma}_o^2 N^{-1} ; \quad (30)$$

matriz variância-covariância dos resíduos (Σ_V)

$$\Sigma_V = \hat{\sigma}_o^2 (AN^{-1}A^T - P^{-1}) ; \quad (31)$$

Matriz variância-covariância das observações ajustadas (Σ_{La})

$$\Sigma_{L_a} = \hat{\sigma}_o^2 AN^{-1}A^T. \quad (32)$$

4.1 TESTE DE QUI-QUADRADO PARA A COMPARAÇÃO ENTRE σ_o^2 E $\hat{\sigma}_o^2$

A avaliação do modelo estocástico é dada pela variância da unidade de peso *a posteriori*, obtida pela ,

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{V^T PV}{n-u}, \quad (33)$$

em que a quantidade $n-u=\nu$, é chamada graus de liberdade ou número de observações superabundantes. Esta variância *a posteriori* calculada deve ser comparada com a variância *a priori* (estimada em forma geral como unitária), mediante testes estatísticos, dos quais o mais usado é o de qui-quadrado (χ^2). Se estes dois valores (σ_o^2 e $\hat{\sigma}_o^2$) foram estatisticamente iguais dentro do nível de significância α diz-se que a qualidade do ajustamento é boa; caso contrário, significa que a qualidade do ajustamento é ruim e, deve-se procurar as causas.

O teste de hipótese baseado na distribuição de qui-quadrado (χ^2), que se aplicará, é o seguinte :

hipótese básica

$$H_o : \sigma_o^2 = \hat{\sigma}_o^2 ; \quad (34)$$

hipótese alternativa

$$H_1 : \sigma_o^2 \neq \hat{\sigma}_o^2 . \quad (35)$$

O valor calculado χ_ν^2 a partir dos dados do ajustamento, segundo a expressão :

$$\chi_\nu^{*2} = \frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} \nu = \frac{V^T PV}{\sigma_o^2} , \quad (36)$$

deve ser comparado com os valores teóricos $\chi_{\nu, \frac{\alpha}{2}}^2$ e $\chi_{\nu, 1-\frac{\alpha}{2}}^2$.

Então, a hipótese básica não é rejeitada ao nível de significância α se, e somente se,

$$\chi^2_{v, \frac{\alpha}{2}} < \chi^2_v < \chi^2_{v, 1-\frac{\alpha}{2}} \quad (37)$$

Os motivos pelos quais a hipótese básica é rejeitada podem ter diferentes razões, dentre as quais citam-se : erros na matriz variância-covariância das observações, resíduos muito grandes acusando erros grosseiros ou sistemáticos não modelados, modelo matemático não coerente com as observações e sistema mal condicionado.

Deve-se considerar que quando o teste é aceito, pode-se incorrer nas seguintes possibilidades (GEMAEL, 1994) :

- 1) Aceitar uma hipótese realmente verdadeira;
- 2) Rejeitar uma hipótese realmente verdadeira (conhecida como erro do tipo I ou erro α);
- 3) Rejeitar uma hipótese realmente falsa;
- 4) Aceitar uma hipótese realmente falsa (conhecida como erro do tipo II ou erro β).

Portanto, chama-se nível de significância α do teste como a probabilidade (P) máxima admitida de acontecer um erro do tipo I, ou seja,
 $\alpha = P$ (rejeitar $H_0|H_0$ verdadeira).

De forma geral considera-se este nível de significância $\alpha = 0,05$ (5%) sendo um valor determinado *a priori*.

De outra parte, a probabilidade de cometer um erro do tipo II é:

$$\beta = P \text{ (aceitar } H_0|H_0 \text{ falsa)}.$$

Chama-se a potência do teste:

$$1 - \beta = P \text{ (rejeitar } H_0|H_0 \text{ falsa)}.$$

4.2 TESTE DE DATA SNOOPING NA DETECÇÃO DE ERROS GROSSEIROS

O teste de *Data Snooping* foi desenvolvido por Baarda (1968) para a detecção e localização de erros grosseiros. Este método assume que a matriz dos pesos P é diagonal e trabalha com os resíduos padronizados, após o ajustamento pelo critério do MMQ, e que são obtidos dividindo o resíduo pelo seu próprio desvio padrão. Este resultado é a grandeza utilizada para testar os erros grosseiros.

Segundo Baarda (1968), Ackermann (1981), Berberan (1992), El-Hakim (1981), as relações utilizadas para atingir esta detecção de erros grosseiros é descrita a seguir .

A relação entre os resíduos e os erros de observação fica expressa como :

$$v_i = -Q_v P_i dl \quad , \quad (38)$$

em que :

v_i vetor dos resíduos ;

Q_v é a matriz cofatora dos pesos dos resíduos ;

P_i é a matriz dos pesos das observações ;

dl é o erro observacional.

A matriz Q_v é obtida do ajustamento das observações mediante a expressão :

$$Q_v = \frac{1}{\hat{\sigma}_0^2} \sum_v \quad , \quad (39)$$

em que \sum_v é a matriz variância-covariância dos resíduos.

A grandeza que exprime a confiabilidade ou rigidez do ajustamento de uma observação particular é chamada número de redundância (r_i), cujos valores devem situar-se no intervalo $0 \leq r_i \leq 1$. Quanto mais próximo r_i estiver do valor um, maior será a confiabilidade. Este valor é calculado por :

$$r_i = (Q_v P_i)_i \quad , \quad (40)$$

em que o índice i é o i -ésimo elemento da diagonal.

Com a ajuda da equação 40 calcula-se o efeito de um erro grosseiro ∇l_i sobre o resíduo v_i de uma observação l_i , pela relação :

$$\nabla v_i = - r_i \nabla l_i \quad . \quad (41)$$

O traço do produto matricial da equação 40 é o número de graus de liberdade (r) do sistema de equações, pois a matriz $Q_v P$ é idempotente.

O desvio padrão dos resíduos, denotado pelo símbolo σ_{v_i} , é calculado por :

$$\sigma_{v_i} = \sigma_0 \sqrt{q_i} \quad , \quad (42)$$

em que q_i é o i -ésimo elemento diagonal da matriz Q_v , que permite obter os resíduos padronizados, denotado pelo símbolo w_i , de cada uma das observações, mediante a seguinte relação :

$$w_i = v_i / \sigma_{v_i} = v_i / (\sigma_0 \sqrt{q_i}) \quad . \quad (43)$$

Supondo uma distribuição normal dos resíduos padronizados, aplica-se o teste de hipótese, em que a hipótese nula H_0 é enunciada :

H_0 : não existe erro grosseiro na observação.

Portanto, uma observação (I_i) é rejeitada se, e somente se,

$$|w_i| > c. \quad (44)$$

em que c é um valor crítico para um determinado nível de significância α . A escolha deste valor crítico vai procurar os valores mínimos possíveis da probabilidade α ou erro do tipo I e a probabilidade β o erro do tipo II. O método de cálculo para o valor crítico foi desenvolvido entre outros por Baarda (1968) e resulta para $\alpha=0,1\%$ e $\beta=20\%$ um valor de $c=4,1$. Para o mesmo intervalo de confiança Forstner e Ackermann usam $c=3,29$.

A tabela 4 mostra os valores calculados por Ackermann (1981) e que serão usados no presente estudo.

TABELA 4 - VALORES CRÍTICOS PARA O TESTE DE DATA SNOOPING

| 1- α | C | 1- β |
|-------------|------|------------|
| 99,9% | 3,29 | 76% |
| 99,7% | 3,00 | 84% |
| 99,0% | 2,56 | 93% |
| 95,0% | 1,96 | 98% |

FONTE: (ACKERMANN, 1981)

4.3 CONFIABILIDADE INTERNA

Pode ser descrita como uma medida que mostra a capacidade da rede para detectar erros grosseiros com um nível de probabilidade $(1-\beta_0)$. A confiabilidade interna é a grandeza que estabelece o limite inferior a partir do qual os erros grosseiros são detectados. Este limite inferior é representado por $\nabla_0 I_i$; cujo valor absoluto é dado por:

$$|\nabla_0 I_i| \geq \sigma_i \frac{\delta_0}{\sqrt{r_i}}, \quad (i=1, \dots, n) \quad (45)$$

em que δ_o é a distância mínima detectável entre a hipótese nula H_o e a hipótese alternativa H_a , no nível de confiança $(1-\alpha_o)$, na potência do teste de $(1-\beta_o)$, e σ_{l_i} é o desvio padrão da observação l_i .

Desta maneira os erros acima do limite estabelecido podem ser detectados e os erros menores permanecem nas observações e afetam o resultado final.

A tabela 5 amostra os valores de δ_o calculados por Baarda (1968) que relacionam o nível de significância α_o e a potência do teste $(1-\beta_o)$.

TABELA 5 - PARÂMETRO DE NÃO CENTRALIDADE Δ_o COMO FUNÇÃO DO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA α_o E DA POTÊNCIA DO TESTE $(1-\beta_o)$

| $\alpha_o \Rightarrow$ | 0,10% | 1% | 5% |
|--------------------------|-------|------|------|
| $(1-\beta_o) \Downarrow$ | | | |
| 50% | 3,29 | 2,58 | 1,96 |
| 70% | 3,82 | 3,10 | 2,48 |
| 80% | 4,13 | 3,42 | 2,80 |
| 90% | 5,57 | 3,86 | 3,24 |
| 95% | 4,94 | 4,22 | 3,61 |
| 99% | 5,62 | 4,90 | 4,29 |

O valor limite médio $\bar{\nabla}_o l$ fica representado por :

$$\bar{\nabla}_o l = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \nabla_o l_i, \quad (46)$$

e pode ser usado como uma medida global da confiabilidade interna de uma rede.

Considerando a equação (38) pode-se calcular o erro da observação $dl = \nabla l_i$ para comparar com o limite inferior detectável. Se $\nabla_o l_i \leq \nabla l_i$ a observação seria rejeitada como se mostra nas Tabelas 7 e 9.

4.4 ABSORÇÃO

Segundo Leick (1995) a absorção é a porção do erro grosseiro que propaga-se dentro dos parâmetros estimados e falsifica a solução. Esta grandeza é expressa por :

$$A_i = -\frac{1-r_i}{r_i} v_i, \quad (47)$$

em que o fator $(1-r_i)$ é chamado número de absorção. Portanto um número de redundância maior resulta numa menor absorção do erro grosseiro.

4.5 EQUAÇÕES DE OBSERVAÇÃO

No presente trabalho apresentam-se dois modelos de equações de observação, já que devido à natureza das observações o primeiro modelo aqui exposto não proporcionou resultados satisfatórios, como se mostrará na seção 4.6.

4.5.1 Modelo 1

No modelo 1 as observações (L_b) consideradas no ajustamento foram as geradas pelo equipamento; quer dizer, azimutes, ângulos zenitais e distâncias horizontais.

Equações de distância:

$$l_i^a = \sqrt{(x_i - x_a)^2 + (y_i - y_a)^2 + (z_i - z_a)^2} \Rightarrow i = 1...5 \quad (48)$$

Equações de Azimute:

$$l_i^a = \text{tg}^{-1} \left(\frac{x_i - x_a}{y_i - y_a} \right) \Rightarrow i = 6...10 \quad (49)$$

Equações de Ângulo Zenital:

$$l_i^a = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\sqrt{(x_i - x_a)^2 + (y_i - y_a)^2}}{(z_i - z_a)} \right) \Rightarrow i = 11...15 \quad (50)$$

4.5.2 Modelo 2

O segundo modelo foi gerado considerando-se como observações (L_b) as coordenadas dos pontos fixos (P1 a P5).

$$X_{p_{i a}} = X_a + D_{i_l} * \text{sen}(Az_i) * \text{sen}(Av_i), \quad (51)$$

$$Y_{p_{i a}} = Y_a + D_{i_l} * \cos(Az_i) * \text{sen}(Av_i), \quad \Rightarrow \quad i = 1.. 5 \quad (52)$$

$$Z_{p_{i a}} = Z_a + D_{i_l} * \cos(Av_i). \quad (53)$$

4.6 RESULTADOS POR ÉPOCAS

A seguir se apresentam os resultados obtidos por épocas no processo de ajustamento com 5 reiteraões. No caso do modelo 1 se mostra só uma época devido à não funcionalidade do modelo.

4.6.1 Modelo 1

- Matriz das Derivadas Parciais (A):

| | | |
|-------------|---------|--------|
| -0.7883 | -0.6151 | 0.0005 |
| -0.9344 | -0.3561 | 0.0004 |
| -0.9989 | -0.0464 | 0.0005 |
| -0.6816 | 0.7317 | 0.0004 |
| -0.4421 | 0.8969 | 0.0004 |
| -0.0001 | 0.0002 | 0 |
| -0.0001 | 0.0003 | 0 |
| -1.2e - 005 | 0.0002 | 0 |
| 0.0002 | 0.0002 | 0 |
| 0.0003 | 0.0001 | 0 |
| -0.0161 | -0.0222 | 0.0002 |
| -0.0148 | -0.0170 | 0.0003 |
| -0.0146 | -0.0120 | 0.0002 |
| 0.0434 | 0.0234 | 0.0003 |
| 0.0596 | 0.0320 | 0.0003 |

- Vetor das correções (X): Obtido com cinco iterações

$$\begin{bmatrix} -0.021 \\ 0.031 \\ -0.002 \end{bmatrix}$$

- Vetor dos Parâmetros Ajustados (X_a)

$$\begin{bmatrix} 1812.548 \\ 4295.288 \\ 3017.837 \end{bmatrix}$$

- Vetor dos resíduos (V)

$$\begin{bmatrix} -0.029 \\ 0.020 \\ 0.079 \\ 0.174 \\ 0.178 \\ 1.8e-05 \\ 4.8e-05 \\ 1.8e-05 \\ -1.8e-06 \\ 6.1e-06 \\ 0 \\ 6.8e-06 \\ -1.3e-05 \\ 1.3e-05 \\ -4.9e-06 \end{bmatrix}$$

- MVC dos Valores Ajustados ($\sum X_a = \sum X$)

$$\begin{bmatrix} 1.32e-07 & -2.00e-07 & -3.90e-06 \\ -2.00e-07 & 3.07e-07 & 5.95e-06 \\ -3.90e-06 & 5.95e-06 & 0.0001 \end{bmatrix}$$

- MVC dos Resíduos (ΣV)

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5.223 | 6.5e-09 | 1.6e-08 | 3.1e-08 | 3.2e-08 | 8.4e-12 | 1.0e-11 | 7.7e-12 | 7.7e-12 | -1.1e-12 | -1.9e-10 | -4.5e-11 | 6.3e-11 | 6.2e-11 | 2.4e-11 |
| 17.918 | -5.0e-08 | | -9.6e-08 | -9.6e-08 | -2.5e-11 | -3.0e-11 | -2.3e-11 | -2.3e-11 | 4.2e-12 | 5.1e-10 | 6.9e-11 | -2.4e-10 | -8.7e-11 | 7.0e-11 |
| | 1.190 | | -2.2e-07 | -2.2e-07 | -5.9e-11 | -7.1e-11 | -5.3e-11 | -5.3e-11 | 9.5e-12 | 1.2e-09 | 1.8e-10 | -5.6e-10 | -2.3e-10 | 1.1e-10 |
| | | | 4.438 | -4.3e-07 | -1.1e-10 | -1.3e-10 | -1.0e-10 | -1.0e-10 | 1.8e-11 | 2.3e-09 | 3.7e-10 | -1.0e-09 | -4.9e-10 | 1.6e-10 |
| | | | | 6.462 | -1.1e-10 | -1.3e-10 | -1.0e-10 | -1.0e-10 | 1.8e-11 | 2.4e-09 | 3.8e-10 | -1.0e-09 | -5.0e-10 | 1.5e-10 |
| | | | | | 2.0e-11 | -3.5e-14 | -2.7e-14 | -2.7e-14 | 4.7e-15 | 6.2e-13 | 1.0e-13 | -2.7e-13 | -1.3e-13 | 4.2e-14 |
| | | | | | | 4.1e-11 | -3.2e-14 | -3.2e-14 | 5.6e-15 | 7.5e-13 | 1.2e-13 | -3.3e-13 | -1.6e-13 | 4.7e-14 |
| | | | | | | | 1.1e-10 | 1.1e-10 | 4.3e-15 | 5.7e-13 | 9.4e-14 | -2.5e-13 | -1.2e-13 | 3.2e-14 |
| | | | | | | | | -5.8e-15 | 9.5e-16 | 1.4e-13 | 2.6e-14 | -5.5e-14 | -3.7e-14 | -3.1e-15 |
| | | | | | | | | | 3.9e-12 | -9.4e-14 | -1.0e-14 | 4.8e-14 | 1.1e-14 | -1.9e-14 |
| | | | | | | | | | | 2.0e-10 | -3.2e-12 | 4.8e-12 | 2.8e-12 | -5.3e-13 |
| | | | | | | | | | | | 6.4e-14 | -1.3e-13 | 2.5e-13 | -8.3e-14 |
| | | | | | | | | | | | 4.0e-13 | -1.3e-12 | 4.4e-13 | |
| | | | | | | | | | | | | 7.8e-12 | -2.4e-12 | |
| | | | | | | | | | | | | | 7.5e-13 | |

SIMÉTRICA

- Teste de χ^2 da forma quadrática dos resíduos

$$\chi_{calculado}^{*2} = \chi_v^{*2} = \frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} v = \frac{V^T P V}{\sigma_o^2} = 800.7145/1 = 800.7145,$$

$\chi_{teórico}^2$ com $\alpha = 0,05$ (5%) ; $0,5\alpha = 0,025$; $1-0,5\alpha = 0,975$,

$$\chi_{12,0,025}^2 = 4,40 ; \chi_{12,0,975}^2 = 23,34.$$

Por tanto H_0 é rejeitada ao nível de significância de 5%.

- Teste de Data-snooping

Números de redundância (r):

| |
|------------------|
| 0.99999999943033 |
| 0.99999999877081 |
| 0.99999990129013 |
| 0.99999990273047 |
| 0.99999993227430 |
| 0.99855008018102 |
| 0.99895048607972 |
| 0.99977714366423 |
| 0.99991548949740 |
| 0.99978999508893 |
| 0.93474554144998 |
| 0.03896964079365 |
| 0.10253505849505 |
| 0.74426398792241 |
| 0.18250284233146 |

$$r = \sum_{i=1}^{15} r_i = 12$$

Resíduos Padronizados (w_i):

TABELA 6 - RESULTADO TESTE DE DATA-SNOOPING
($\alpha=5\%$)

| OBS. | w_i | c | |
|------------------------|---------|------|-----------|
| Dh $I_i (i=1..5)$ | 0,0126 | 1,96 | ACEITO |
| | 0,0047 | 1,96 | ACEITO |
| | 0,0720 | 1,96 | ACEITO |
| | 0,0825 | 1,96 | ACEITO |
| | 0,0700 | 1,96 | ACEITO |
| Az $I_i (i=6..10)$ | 4,1171 | 1,96 | REJEITADO |
| | 7,6192 | 1,96 | REJEITADO |
| | 1,7186 | 1,96 | ACEITO |
| | 0,4494 | 1,96 | ACEITO |
| | 3,1253 | 1,96 | REJEITADO |
| Av $I_i (i=11..15)$ | 25,6965 | 1,96 | REJEITADO |
| | 26,9866 | 1,96 | REJEITADO |
| | 20,5869 | 1,96 | REJEITADO |
| | 4,9103 | 1,96 | REJEITADO |
| | 5,6629 | 1,96 | REJEITADO |

O resultado do teste acusa oito observações com possíveis erros sistemáticos não modelados.

Confiabilidade Interna:

TABELA 7 - RESULTADOS TESTE DE CONFIABILIDADE INTERNA
 $\alpha_0 = 5\%; (1 - \beta_0) = 80\%$

| OBS. | $ \nabla_0 l_i $ | $ \nabla l_i $ | TESTE |
|------------------------|------------------|----------------|-----------|
| Dh $I_i (i=1..5)$ | 6.399 | 0.0288 | ACEITO |
| | 11.852 | 0.0200 | ACEITO |
| | 3.054 | 0.0785 | ACEITO |
| | 5.898 | 0.1738 | ACEITO |
| | 7.117 | 0.1779 | ACEITO |
| Az $I_i (i=6..10)$ | 1.27e-05 | 1.86e-05 | REJEITADO |
| | 1.79e-05 | 4.88e-05 | REJEITADO |
| | 2.96e-05 | 1.81e-05 | ACEITO |
| | 1.15e-05 | 1.85e-06 | ACEITO |
| | 5.53e-06 | 6.17e-06 | REJEITADO |
| Av $I_i (i=11..15)$ | 4.28e-05 | 0.0003 | REJEITADO |
| | 1.81e-05 | 0.0001 | REJEITADO |
| | 1.72e-05 | 0.0001 | REJEITADO |
| | 1.05e-05 | 1.84e-05 | REJEITADO |
| | 1.32e-05 | 2.68e-05 | REJEITADO |

Pode –se observar que o teste da confiabilidade interna detectou as mesmas observações com problemas de erros grosseiros que o teste de data-snooping.

4.6.2 Modelo 2

- Matriz das Derivadas Parciais (A)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Vetor das correções (X): Obtido com cinco iterações.

$$\begin{bmatrix} 2.82e-14 \\ -2.06e-13 \\ -1.71e-13 \end{bmatrix}$$

- Vetor dos Parâmetros Ajustados (X_a)

$$\begin{bmatrix} 1812.628 \\ 4295.219 \\ 3015.919 \end{bmatrix}$$

- Vetor dos resíduos (V)

$$\begin{bmatrix} 0.058 \\ 0.004 \\ 0.018 \\ 0.006 \\ 0.065 \\ 0.105 \\ -0.002 \\ -0.007 \\ 0.066 \\ -0.043 \\ 0.053 \\ -0.082 \\ 0.016 \\ 0.097 \\ -0.005 \end{bmatrix}$$

- MVC dos Valores Ajustados ($\sum X_a = \sum X$)

$$\begin{bmatrix} 0.0221 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0046 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0002 \end{bmatrix}$$

- MVC dos Resíduos (ΣV)

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---|
| 2.257 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | 0 |
| 1.385 | 0 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 |
| 0.0028 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 |
| | 3.105 | 0 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0.450 | 0 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 |
| | | | 0.0010 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | -0.0002 | 0 |
| | | | | 1.722 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 |
| | | | | | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | 0 |
| | | | | | | 0.0007 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 | -0.0002 | 0 |
| | | | | | | | 0.055 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | 0.084 | 0 | 0 | 0 | -0.004 | 0 | -0.004 | 0 |
| | | | | | | | | | 0.0003 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.0002 | 0 |
| | | | | | | | | | | 0.010 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | 0.127 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | 0.0011 | 0 |

SIMÉTRICA

- Teste de χ^2 da forma quadrática dos resíduos

$$\chi_{calculado}^{*2} = \chi_v^{*2} = \frac{\hat{\sigma}_o^2}{\sigma_o^2} v = \frac{V^T P V}{\sigma_o^2} = 26.461/1 = 26.461,$$

$\chi_{teórico}^2$ com $\alpha = 0,05$ (5%) ; $0,5\alpha = 0,025$; $1-0,5\alpha = 0,975$,

$$\chi_{12,0,025}^2 = 4,40 ; \chi_{12,0,975}^2 = 23,34.$$

Por tanto H_0 é rejeitada ao nível de significância de 5%.

- Teste de Data-snooping

Números de redundância (r):

$$\begin{bmatrix} 0.990273311127783 \\ 0.996623747122635 \\ 0.931709332406996 \\ 0.992911931700408 \\ 0.989694799182768 \\ 0.838059232404288 \\ 0.987295283640696 \\ 0.101443121606035 \\ 0.772756317825376 \\ 0.715945267583628 \\ 0.947630104823747 \\ 0.607667570441975 \\ 0.313574205947486 \\ 0.964608227264815 \\ 0.849807546921365 \end{bmatrix}$$

$$r = \sum_{i=1}^{15} r_i = 12.$$

Resíduos Padronizados (w_i):

TABELA 8 - RESULTADO TESTE DE DATA-SNOOPING
 $\alpha = 5\%$

| OBS. | $ w_i $ | c | |
|------|---------|------|-----------|
| x1 | 0,0388 | 1,96 | ACEITO |
| y1 | 0,0036 | 1,96 | ACEITO |
| z1 | 0,3417 | 1,96 | ACEITO |
| x2 | 0,0037 | 1,96 | ACEITO |
| y2 | 0,0971 | 1,96 | ACEITO |
| z2 | 3,1889 | 1,96 | REJEITADO |
| x3 | 0,0015 | 1,96 | ACEITO |
| y3 | 0,3368 | 1,96 | ACEITO |
| z3 | 2,4944 | 1,96 | REJEITADO |
| x4 | 0,1824 | 1,96 | ACEITO |
| y4 | 0,1843 | 1,96 | ACEITO |
| z4 | 4,5959 | 1,96 | REJEITADO |
| x5 | 0,1688 | 1,96 | ACEITO |
| y5 | 0,2739 | 1,96 | ACEITO |
| z5 | 0,1740 | 1,96 | ACEITO |

O resultado do teste acusa três observações com possíveis erros sistemáticos não modelados.

Confiabilidade Interna:

TABELA 9 - RESULTADOS TESTE DA CONFIABILIDADE INTERNA
 $\alpha_0 = 5\%; (1 - \beta_0)$

| OBS. | $ \nabla_0 l_i $ | $ \nabla l_i $ | TESTE |
|------|------------------|----------------|-----------|
| x1 | 4,248 | 0,058 | ACEITO |
| y1 | 3,307 | 0,004 | ACEITO |
| z1 | 0,16 | 0,019 | ACEITO |
| x2 | 4,969 | 0,006 | ACEITO |
| y2 | 1,899 | 0,065 | ACEITO |
| z2 | 0,11 | 0,125 | REJEITADO |
| x3 | 3,722 | 0,002 | ACEITO |
| y3 | 0,635 | 0,076 | ACEITO |
| z3 | 0,096 | 0,086 | ACEITO |
| x4 | 0,924 | 0,06 | ACEITO |
| y4 | 0,861 | 0,056 | ACEITO |
| z4 | 0,083 | 0,136 | REJEITADO |
| x5 | 0,898 | 0,054 | ACEITO |
| y5 | 1,038 | 0,101 | ACEITO |
| z5 | 0,113 | 0,007 | ACEITO |

Pode-se observar que o teste da confiabilidade interna detectou só duas observações com problemas de erros grosseiros.

- Absorção (A_i):

| |
|----------|
| - 0,0005 |
| - 1,4367 |
| - 0,0013 |
| - 4,7238 |
| - 0,0006 |
| - 0,0203 |
| 2,6901 |
| 0,0686 |
| - 0,0195 |
| 0,0171 |
| - 0,0029 |
| 0,0534 |
| - 0,0371 |
| - 0,0035 |
| 0,0010 |

5 OBTENÇÃO DAS COORDENADAS DOS PRISMAS DE OBSERVAÇÃO

As equações usadas para propagar as coordenadas desde a estação de controle ajustada aos pontos de observação, são:

$$X_{P.OBS}^I = X_{APS} + D_i \cdot |\sin Av_i| - A \cdot D_i^2 \cdot \cos Av_i \cdot |\sin Av_i| \cdot \sin(Az_i), \quad (54)$$

$$Y_{P.OBS}^I = Y_{APS} + D_i \cdot |\sin Av_i| - A \cdot D_i^2 \cdot \cos Av_i \cdot |\sin Av_i| \cdot \cos(Az_i), \Rightarrow i = 1, \dots, 36 \quad (55)$$

$$Z_{P.OBS}^I = Z_{APS} + D_i \cdot \cos Av_i + B \cdot (D_i \cdot |\sin Av_i|)^2. \quad (56)$$

onde:

$$A = (1-k/2)/R = 1.47 \cdot 10^{-7} [m^{-1}],$$

$$B = (1-k)/2 \cdot R = 6.83 \cdot 10^{-8} [m^{-1}],$$

$$k = 0.13,$$

$$R = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m (raio da terra).}$$

Neste caso tem-se quatro grupos de observações por ponto, consistindo em azimute, ângulo vertical e distância inclinada. Devido ao fato de ter quatro coordenadas por ponto, calculou-se a média e o desvio padrão para cada um destes.

A seguir apresentam-se os resultados obtidos dos pontos de observação para as doze épocas, desde janeiro até dezembro do ano 1996.

RESULTADOS JANEIRO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|--------|---------|
| 511 | 4303,3918 | 5253,7487 | 3007,2663 | 0,0090 | 0,0053 | 3,1e-05 |
| 515 | 3636,8540 | 4821,4341 | 2542,0670 | 0,0095 | 0,0402 | 0,0142 |
| 550 | 4306,3332 | 5392,9034 | 3006,1307 | 0,0081 | 0,0024 | 0,0024 |
| 559 | 4190,8182 | 5324,6738 | 2920,0642 | 0,0053 | 0,0123 | 0,0246 |
| 569 | 4139,4652 | 5121,3933 | 2823,1533 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5499 | 5113,1651 | 3006,2735 | 0,0171 | 0,0462 | 0,0021 |
| 611 | 4588,7515 | 4129,2362 | 2946,6855 | 0,0017 | 0,0367 | 0,0208 |
| 613 | 4092,5972 | 4131,9594 | 2724,8101 | 0,0312 | 0,0103 | 0,0055 |
| 614 | 3873,7010 | 4128,3770 | 2543,2758 | 0,0222 | 0,0950 | 0,0719 |
| 615 | 3914,7679 | 3275,5339 | 2748,3809 | 0,0472 | 0,0956 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0743 | 4269,8993 | 2545,0238 | 0,0023 | 0,0565 | 0,0093 |
| 624 | 3869,5893 | 4001,4244 | 2545,3143 | 0,0215 | 0,1400 | 0,0154 |
| 625 | 3863,4710 | 3854,3702 | 2543,6059 | 0,0322 | 0,0714 | 0,1007 |
| 626 | 3818,2675 | 3719,6589 | 2544,1565 | 0,0018 | 0,0027 | 0,0014 |
| 627 | 3781,7001 | 3629,6525 | 2545,4140 | 0,0039 | 0,0070 | 0,0040 |
| 629 | 3647,7737 | 3301,4338 | 2544,5012 | 0,0045 | 0,0019 | 0,0219 |
| 630 | 3617,8228 | 3162,6792 | 2545,8701 | 0,0196 | 0,0056 | 0,0043 |
| 632 | 3912,2949 | 3373,5717 | 2724,2972 | 0,0031 | 0,0086 | 0,0028 |
| 635 | 3986,3809 | 3551,4523 | 2724,8359 | 0,0193 | 0,0608 | 0,0001 |
| 638 | 4048,8447 | 3716,3664 | 2723,6057 | 0,0400 | 0,1435 | 0,0269 |
| 642 | 4482,2173 | 3839,8694 | 2943,2093 | 0,0009 | 0,0026 | 3,4e-05 |
| 643 | 4543,7061 | 4340,5762 | 2932,1737 | 0,0009 | 0,0060 | 0,0021 |
| 644 | 4474,1229 | 4533,9003 | 2928,4730 | 0,0018 | 0,0025 | 6,5e-05 |
| 712 | 3705,5535 | 2680,8237 | 2753,1382 | 0,0557 | 0,0720 | 0,0213 |
| 714 | 3483,5816 | 2900,6148 | 2493,5132 | 0,0391 | 0,0470 | 0,0028 |
| 750 | 3038,1645 | 2565,6636 | 2544,4037 | 0,0111 | 0,0057 | 0,0551 |
| 755 | 3381,1760 | 2683,7404 | 2572,7243 | 0,1260 | 0,1381 | 0,0070 |
| 756 | 3061,9436 | 2323,8614 | 2749,3622 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,7587 | 2390,6512 | 2739,8428 | 0,0367 | 0,0284 | 0,0050 |
| 758 | 3499,8819 | 2545,5553 | 2751,3751 | 0,0799 | 0,0762 | 0,0192 |
| 759 | 3636,8072 | 2773,9938 | 2675,9019 | 0,0039 | 0,0029 | 0,0055 |
| 760 | 3731,8683 | 3048,5327 | 2673,4563 | 0,0285 | 0,0240 | 0,0143 |
| 761 | 3675,0890 | 3088,0621 | 2624,6872 | 0,0021 | 0,0056 | 0,0002 |
| 762 | 3880,2571 | 2719,6332 | 2819,3546 | 0,0066 | 0,0102 | 0,0053 |
| 772 | 3576,8122 | 2855,5935 | 2596,3205 | 0,2180 | 0,0594 | 0,0228 |
| 778 | 3228,1158 | 2586,0865 | 2544,3903 | 0,0022 | 0,0008 | 0,0017 |

RESULTADOS FEVEREIRO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|---------|---------|
| 511 | 4303,3874 | 5253,7148 | 3007,2518 | 0,0090 | 0,0053 | 3,1e-05 |
| 515 | 3636,8891 | 4821,4453 | 2542,1207 | 0,0026 | 0,0022 | 0,0174 |
| 550 | 4306,3329 | 5392,8951 | 3006,1098 | 0,0081 | 0,0024 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8352 | 5324,6864 | 2920,0781 | 0,0023 | 0,0047 | 0,0033 |
| 569 | 4139,5119 | 5121,3809 | 2823,1374 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5568 | 5113,1880 | 3006,2956 | 0,0038 | 0,0033 | 0,0048 |
| 611 | 4588,7793 | 4129,2611 | 2946,6852 | 0,0016 | 0,0036 | 0,0022 |
| 613 | 4092,5075 | 4131,9826 | 2724,8148 | 0,0312 | 0,0087 | 0,0055 |
| 614 | 3873,7755 | 4128,5153 | 2543,4174 | 0,0103 | 0,0300 | 0,0402 |
| 615 | 3914,8813 | 3275,6791 | 2748,3474 | 0,0138 | 0,0270 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0946 | 4270,0167 | 2544,9618 | 0,0022 | 0,0333 | 0,0095 |
| 624 | 3869,6484 | 4001,5501 | 2545,3375 | 0,0034 | 0,0174 | 0,0041 |
| 625 | 3863,5665 | 3854,5365 | 2543,8126 | 0,0034 | 0,0134 | 0,0281 |
| 626 | 3818,2921 | 3719,6326 | 2544,1308 | 0,0020 | 0,0026 | 0,0030 |
| 627 | 3781,7424 | 3629,6058 | 2545,3734 | 0,0052 | 0,0032 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8219 | 3301,4376 | 2544,5183 | 0,0013 | 0,0030 | 0,0019 |
| 630 | 3617,7885 | 3162,6550 | 2545,8512 | 0,0158 | 0,0043 | 0,0010 |
| 632 | 3912,3350 | 3373,5135 | 2724,2758 | 0,0017 | 0,0136 | 0,0028 |
| 635 | 3986,4361 | 3551,5130 | 2724,8216 | 0,0016 | 0,0073 | 0,0001 |
| 638 | 4048,9278 | 3716,5290 | 2723,6466 | 0,0051 | 0,0145 | 0,0152 |
| 642 | 4482,2529 | 3839,8475 | 2943,1945 | 0,0010 | 0,0022 | 3,4e-05 |
| 643 | 4543,7331 | 4340,5990 | 2932,1645 | 0,0007 | 0,0113 | 1,7e-05 |
| 644 | 4474,1504 | 4533,8800 | 2928,4522 | 0,0010 | 9,1e-05 | 0,0023 |
| 712 | 3705,7518 | 2681,0357 | 2753,1526 | 0,0102 | 0,0207 | 0,0057 |
| 714 | 3483,6803 | 2900,6797 | 2493,4989 | 0,0041 | 0,0056 | 0,0001 |
| 750 | 3038,1626 | 2565,6349 | 2544,3198 | 0,0089 | 0,0026 | 0,0199 |
| 755 | 3381,4298 | 2684,0028 | 2572,7370 | 0,0224 | 0,0376 | 0,0070 |
| 756 | 3061,9516 | 2323,8733 | 2749,3704 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8455 | 2390,6738 | 2739,8085 | 0,0055 | 0,0036 | 0,0050 |
| 758 | 3499,9922 | 2545,6150 | 2751,3702 | 0,0043 | 0,0048 | 5,4e-05 |
| 759 | 3636,8215 | 2773,9657 | 2675,8758 | 0,0047 | 0,0022 | 0,0035 |
| 760 | 3731,7888 | 3048,6081 | 2673,4953 | 0,0291 | 0,0244 | 0,0090 |
| 761 | 3675,1131 | 3088,0249 | 2624,6691 | 0,0015 | 0,0043 | 0,0019 |
| 762 | 3880,2996 | 2719,6362 | 2819,3608 | 0,0021 | 0,0058 | 0,0054 |
| 772 | 3577,5935 | 2855,2452 | 2596,1789 | 0,1766 | 0,1061 | 0,0346 |
| 778 | 3228,1386 | 2586,0692 | 2544,3723 | 0,0024 | 0,0006 | 0,0015 |

RESULTADOS MARÇO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|--------|---------|
| 511 | 4303,3943 | 5253,6899 | 3007,3391 | 0,0087 | 0,0052 | 3,0e-05 |
| 515 | 3636,9242 | 4821,4409 | 2542,2327 | 0,0002 | 0,0015 | 0,0065 |
| 550 | 4306,3415 | 5392,8948 | 3006,1885 | 0,0081 | 0,0024 | 0,0049 |
| 559 | 4190,8651 | 5324,6856 | 2920,1695 | 0,0012 | 0,0020 | 1,8e-05 |
| 569 | 4139,5584 | 5121,3776 | 2823,2235 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5797 | 5113,1876 | 3006,3871 | 0,0034 | 0,0025 | 8,7e-06 |
| 611 | 4588,8124 | 4129,2676 | 2946,7757 | 0,0003 | 0,0042 | 1,4e-05 |
| 613 | 4092,4434 | 4131,9908 | 2724,9173 | 0,0317 | 0,0055 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8328 | 4128,5789 | 2543,5997 | 0,0057 | 0,0076 | 0,0283 |
| 615 | 3914,9633 | 3275,7652 | 2748,4195 | 0,0155 | 0,0304 | 0,0048 |
| 623 | 3873,1228 | 4270,0769 | 2545,0250 | 0,0009 | 0,0180 | 0,0030 |
| 624 | 3869,6879 | 4001,5703 | 2545,4364 | 0,0025 | 0,0099 | 0,0061 |
| 625 | 3863,5905 | 3854,5510 | 2543,9272 | 0,0047 | 0,0053 | 0,0040 |
| 626 | 3818,3226 | 3719,6189 | 2544,2132 | 0,0011 | 0,0029 | 0,0016 |
| 627 | 3781,7872 | 3629,5779 | 2545,4440 | 0,0025 | 0,0158 | 0,0014 |
| 629 | 3647,8585 | 3301,4347 | 2544,6080 | 0,0014 | 0,0027 | 0,0017 |
| 630 | 3617,7741 | 3162,6478 | 2545,9369 | 0,0134 | 0,0045 | 0,0010 |
| 632 | 3912,3774 | 3373,4763 | 2724,3587 | 0,0053 | 0,0039 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4767 | 3551,5286 | 2724,9089 | 0,0009 | 0,0033 | 6,2e-05 |
| 638 | 4048,9691 | 3716,5502 | 2723,7495 | 0,0004 | 0,0063 | 0,0001 |
| 642 | 4482,2902 | 3839,8359 | 2943,2816 | 0,0012 | 0,0002 | 3,4e-05 |
| 643 | 4543,7646 | 4340,6093 | 2932,2518 | 0,0005 | 0,0021 | 1,7e-05 |
| 644 | 4474,1800 | 4533,8707 | 2928,5375 | 0,0001 | 0,0020 | 0 |
| 712 | 3705,7992 | 2681,0728 | 2753,2516 | 0,0040 | 0,0107 | 0,0038 |
| 714 | 3483,7233 | 2900,6865 | 2493,5794 | 0,0040 | 0,0058 | 0,0002 |
| 750 | 3038,1773 | 2565,6195 | 2544,3661 | 0,0016 | 0,0015 | 0,0085 |
| 755 | 3381,4914 | 2684,0728 | 2572,8461 | 0,0068 | 0,0223 | 0,0070 |
| 756 | 3061,9678 | 2323,8900 | 2749,4759 | 0,0068 | 0,0072 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8935 | 2390,6742 | 2739,8800 | 0,0018 | 0,0008 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0339 | 2545,6142 | 2751,4767 | 0,0032 | 0,0015 | 0,0221 |
| 759 | 3636,8420 | 2773,9496 | 2675,9457 | 0,0036 | 0,0032 | 0,0055 |
| 760 | 3731,7323 | 3048,6761 | 2673,6110 | 0,0294 | 0,0246 | 0,0072 |
| 761 | 3675,1424 | 3088,0034 | 2624,7538 | 0,0015 | 0,0043 | 0,0019 |
| 762 | 3880,3379 | 2719,6379 | 2819,4646 | 0,0015 | 0,0018 | 0,0053 |
| 772 | 3578,1625 | 2854,8943 | 2596,1610 | 0,1712 | 0,1128 | 0,0328 |
| 778 | 3228,1620 | 2586,0589 | 2544,4560 | 0,0036 | 0,0009 | 0,0025 |

RESULTADOS ABRIL DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 511 | 4303,3336 | 5253,7094 | 3007,2533 | 0,0092 | 0,0035 | 3,0e-05 |
| 515 | 3636,8912 | 4821,4739 | 2542,1598 | 0,0006 | 0,0013 | 0,0041 |
| 550 | 4306,2846 | 5392,9342 | 3006,0963 | 0,0081 | 0,0024 | 0,0024 |
| 559 | 4190,8314 | 5324,7188 | 2920,0837 | 0,0005 | 0,0002 | 2,1e-05 |
| 569 | 4139,5391 | 5121,4138 | 2823,1367 | 0,0041 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5387 | 5113,2220 | 3006,3044 | 0,0029 | 0,0014 | 0,0021 |
| 611 | 4588,7804 | 4129,3070 | 2946,6910 | 0,0004 | 2,6e-05 | 0,0021 |
| 613 | 4092,3136 | 4132,0421 | 2724,8441 | 0,0316 | 0,0072 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8110 | 4128,6376 | 2543,5659 | 0,0004 | 0,0032 | 0,0055 |
| 615 | 3914,9681 | 3275,8670 | 2748,3185 | 0,0147 | 0,0288 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0863 | 4270,1322 | 2544,9250 | 0,0013 | 0,0056 | 0,0039 |
| 624 | 3869,6651 | 4001,6420 | 2545,3704 | 0,0028 | 0,0119 | 0,0095 |
| 625 | 3863,5430 | 3854,5946 | 2543,8532 | 0,0049 | 0,0037 | 0,0045 |
| 626 | 3818,2853 | 3719,6412 | 2544,1219 | 0,0025 | 0,0036 | 0,0041 |
| 627 | 3781,7583 | 3629,5588 | 2545,3513 | 0,0036 | 0,0085 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8280 | 3301,4705 | 2544,5276 | 0,0012 | 0,0014 | 0,0032 |
| 630 | 3617,7003 | 3162,6892 | 2545,8522 | 0,0143 | 0,0027 | 0,0021 |
| 632 | 3912,3600 | 3373,4920 | 2724,2686 | 0,0032 | 0,0080 | 0,0028 |
| 635 | 3986,4467 | 3551,5741 | 2724,8207 | 0,0005 | 0,0029 | 0,0017 |
| 638 | 4048,9393 | 3716,5927 | 2723,6711 | 0,0003 | 0,0018 | 0,0030 |
| 642 | 4482,2623 | 3839,8670 | 2943,1936 | 0,0012 | 0,0002 | 0,0024 |
| 643 | 4543,7323 | 4340,6465 | 2932,1660 | 5,8e-05 | 0,0035 | 0 |
| 644 | 4474,1479 | 4533,8993 | 2928,4474 | 0,0005 | 5,1e-05 | 1,8e-05 |
| 712 | 3705,7724 | 2681,1402 | 2753,1738 | 0,0016 | 0,0103 | 0,0028 |
| 714 | 3483,6982 | 2900,7295 | 2493,4923 | 0,0019 | 0,0029 | 0,0019 |
| 750 | 3038,1323 | 2565,6412 | 2544,2645 | 0,0020 | 0,0006 | 0,0102 |
| 755 | 3381,4836 | 2684,1788 | 2572,7821 | 0,0027 | 0,0138 | 0,0070 |
| 756 | 3061,9176 | 2323,9457 | 2749,4083 | 0,0064 | 0,0074 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8669 | 2390,7072 | 2739,7784 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0061 | 2545,6487 | 2751,4101 | 0,0013 | 0,0014 | 5,4e-05 |
| 759 | 3636,7992 | 2773,9712 | 2675,8516 | 0,0037 | 0,0031 | 0,0037 |
| 760 | 3731,6093 | 3048,7843 | 2673,5465 | 0,0291 | 0,0244 | 0,0090 |
| 761 | 3675,1060 | 3088,0216 | 2624,6647 | 0,0013 | 0,0044 | 0,0002 |
| 762 | 3880,3096 | 2719,6734 | 2819,3952 | 0,0026 | 0,0028 | 0,0052 |
| 772 | 3578,6669 | 2854,5857 | 2595,9655 | 0,1657 | 0,1191 | 0,0341 |
| 778 | 3228,1212 | 2586,0893 | 2544,3675 | 0,0053 | 0,0030 | 0,0002 |

RESULTADOS MAIO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 511 | 4303,2944 | 5253,6572 | 3007,2610 | 0,0096 | 0,0037 | 0,0020 |
| 515 | 3636,8838 | 4821,4457 | 2542,1852 | 0,0009 | 0,0015 | 0,0037 |
| 550 | 4306,2491 | 5392,9095 | 3006,1050 | 0,0081 | 0,0024 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8245 | 5324,6878 | 2920,0985 | 0 | 0 | 0 |
| 569 | 4139,5509 | 5121,3852 | 2823,1461 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5226 | 5113,1894 | 3006,3163 | 0,0031 | 0,0016 | 8,7e-06 |
| 611 | 4588,7760 | 4129,2773 | 2946,7072 | 6,2e-05 | 3,7e-06 | 0,0025 |
| 613 | 4092,1865 | 4132,0258 | 2724,8706 | 0,0318 | 0,0042 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8142 | 4128,6313 | 2543,6208 | 0,0021 | 0,0124 | 0,0119 |
| 615 | 3914,9983 | 3275,8968 | 2748,3103 | 0,0036 | 0,0059 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0778 | 4270,1362 | 2544,9164 | 0,0013 | 0,0066 | 0,0061 |
| 624 | 3869,6715 | 4001,6278 | 2545,4223 | 0,0037 | 0,0029 | 0,0156 |
| 625 | 3863,5196 | 3854,5773 | 2543,8777 | 0,0056 | 0,0026 | 0,0028 |
| 626 | 3818,2738 | 3719,5922 | 2544,1213 | 0,0016 | 0,0030 | 0,0046 |
| 627 | 3781,7675 | 3629,5046 | 2545,3552 | 0,0041 | 0,0070 | 0,0032 |
| 629 | 3647,8275 | 3301,4400 | 2544,5475 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0018 |
| 630 | 3617,6394 | 3162,6621 | 2545,8595 | 0,0119 | 0,0060 | 0,0010 |
| 632 | 3912,3689 | 3373,4384 | 2724,2750 | 0,0045 | 0,0056 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4430 | 3551,5436 | 2724,8307 | 0,0005 | 0,0001 | 7,2e-05 |
| 638 | 4048,9359 | 3716,5640 | 2723,6875 | 0,0002 | 0,0018 | 0,0021 |
| 642 | 4482,2632 | 3839,8320 | 2943,2021 | 0,0012 | 0,0002 | 3,4e-05 |
| 643 | 4543,7270 | 4340,6166 | 2932,1767 | 0,0009 | 1,5e-05 | 2,9e-05 |
| 644 | 4474,1436 | 4533,8630 | 2928,4582 | 0,0002 | 0,0024 | 0 |
| 712 | 3705,7659 | 2681,1390 | 2753,2018 | 0,0046 | 0,0039 | 0,0043 |
| 714 | 3483,6931 | 2900,6984 | 2493,4992 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0017 |
| 750 | 3038,1221 | 2565,6057 | 2544,2408 | 0,0011 | 0,0015 | 0,0018 |
| 755 | 3381,4731 | 2684,2019 | 2572,8202 | 0,0047 | 0,0187 | 0,0070 |
| 756 | 3061,8911 | 2323,9419 | 2749,4419 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8661 | 2390,6720 | 2739,7695 | 0,0021 | 0,0008 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0076 | 2545,6212 | 2751,4209 | 0,0014 | 0,0017 | 5,4e-05 |
| 759 | 3636,7805 | 2773,9250 | 2675,8428 | 0,0041 | 0,0028 | 0,0063 |
| 760 | 3731,4916 | 3048,8454 | 2673,5866 | 0,0294 | 0,0246 | 0,0072 |
| 761 | 3675,0961 | 3087,9704 | 2624,6711 | 0,0013 | 0,0044 | 0,0002 |
| 762 | 3880,3123 | 2719,6470 | 2819,4264 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0052 |
| 772 | 3579,3110 | 2854,0979 | 2595,8431 | 0,1747 | 0,1080 | 0,0346 |
| 778 | 3228,0955 | 2586,0445 | 2544,3758 | 0,0062 | 0,0036 | 0,0002 |

RESULTADOS JUNHO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|---------|
| 511 | 4303,2475 | 5253,6849 | 3007,2449 | 0,0092 | 0,0035 | 3,0e-05 |
| 515 | 3636,8646 | 4821,4858 | 2542,1821 | 0,0006 | 0,0001 | 0,0077 |
| 550 | 4306,2061 | 5392,9561 | 3006,0898 | 0,0081 | 0,0024 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8046 | 5324,7292 | 2920,0834 | 0,0008 | 0,0018 | 0 |
| 569 | 4139,5454 | 5121,4286 | 2823,1289 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0022 |
| 575 | 4359,4959 | 5113,2299 | 3006,3042 | 0,0031 | 0,0016 | 0,0021 |
| 611 | 4588,7573 | 4129,3239 | 2946,6975 | 0,0004 | 0,0021 | 0,0021 |
| 613 | 4092,0703 | 4132,0790 | 2724,8680 | 0,0317 | 0,0055 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8017 | 4128,7008 | 2543,6357 | 0,0042 | 0,0059 | 0,0225 |
| 615 | 3914,9893 | 3275,9487 | 2748,2800 | 0,0045 | 0,0077 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0569 | 4270,2002 | 2544,8884 | 0,0019 | 0,0070 | 0,0070 |
| 624 | 3869,6622 | 4001,6804 | 2545,4391 | 0,0030 | 0,0072 | 0,0112 |
| 625 | 3863,4846 | 3854,6266 | 2543,8693 | 0,0055 | 0,0026 | 0,0032 |
| 626 | 3818,2492 | 3719,6177 | 2544,0981 | 0,0017 | 0,0050 | 0,0018 |
| 627 | 3781,7650 | 3629,5168 | 2545,3287 | 0,0045 | 0,0057 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8127 | 3301,4811 | 2544,5440 | 0,0021 | 0,0019 | 0,0046 |
| 630 | 3617,5718 | 3162,7036 | 2545,8328 | 0,0188 | 0,0042 | 0,0062 |
| 632 | 3912,3672 | 3373,4536 | 2724,2530 | 0,0027 | 0,0148 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4271 | 3551,5896 | 2724,8155 | 0 | 0 | 0 |
| 638 | 4048,9200 | 3716,6099 | 2723,6751 | 0,0005 | 0,0017 | 0,0018 |
| 642 | 4482,2493 | 3839,8703 | 2943,1867 | 0,0012 | 0,0002 | 3,4e-05 |
| 643 | 4543,7073 | 4340,6641 | 2932,1616 | 0 | 0 | 0 |
| 644 | 4474,1248 | 4533,8998 | 2928,4430 | 0,0004 | 4,4635e-005 | 1,6e-05 |
| 712 | 3705,7493 | 2681,2090 | 2753,1945 | 0,0025 | 0,0120 | 0,0043 |
| 714 | 3483,6733 | 2900,7390 | 2493,4837 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0001 |
| 750 | 3038,1012 | 2565,6432 | 2544,2048 | 0,0030 | 0,0014 | 0,0183 |
| 755 | 3381,4437 | 2684,2806 | 2572,8268 | 0,0072 | 0,0094 | 0,0070 |
| 756 | 3061,8572 | 2324,0063 | 2749,4450 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8512 | 2390,7104 | 2739,7386 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0050 |
| 758 | 3499,9961 | 2545,6618 | 2751,4440 | 0,0003 | 0,0003 | 5,4e-05 |
| 759 | 3636,7510 | 2773,9543 | 2675,8109 | 0,0037 | 0,0031 | 0,0070 |
| 760 | 3731,3822 | 3048,9610 | 2673,5901 | 0,0295 | 0,0247 | 0,0057 |
| 761 | 3675,0737 | 3087,9958 | 2624,6526 | 0,0015 | 0,0043 | 0,0019 |
| 762 | 3880,2967 | 2719,6881 | 2819,4276 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0053 |
| 772 | 3579,8203 | 2853,7844 | 2595,7218 | 0,1652 | 0,1198 | 0,0341 |
| 778 | 3228,0614 | 2586,0757 | 2544,3588 | 0,0043 | 0,0017 | 0,0015 |

RESULTADOS JULHO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|---------|---------|
| 511 | 4303,2470 | 5253,6484 | 3007,2664 | 0,0085 | 0,0051 | 3,0e-05 |
| 515 | 3636,8995 | 4821,4687 | 2542,2263 | 0,0006 | 0,0014 | 0,0045 |
| 550 | 4306,2095 | 5392,9462 | 3006,1081 | 0,0081 | 0,0024 | 0,0021 |
| 559 | 4190,8366 | 5324,7140 | 2920,1048 | 0 | 0 | 0 |
| 569 | 4139,5960 | 5121,4146 | 2823,1461 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5201 | 5113,2092 | 3006,3267 | 0,0028 | 0,0009 | 1,0e-05 |
| 611 | 4588,7921 | 4129,3067 | 2946,7233 | 0,0001 | 0,0021 | 0,0021 |
| 613 | 4091,9820 | 4132,0738 | 2724,9052 | 0,0319 | 0,0022 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8450 | 4128,7068 | 2543,7069 | 0,0005 | 0,0093 | 0,0050 |
| 615 | 3915,0337 | 3275,9421 | 2748,2824 | 0,0021 | 0,0028 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0861 | 4270,2003 | 2544,8924 | 0,0011 | 0,0074 | 0,0029 |
| 624 | 3869,7051 | 4001,6705 | 2545,4899 | 0,0005 | 0,0015 | 0,0018 |
| 625 | 3863,4987 | 3854,6159 | 2543,9052 | 0,0055 | 0,0011 | 0,0045 |
| 626 | 3818,2794 | 3719,5877 | 2544,1121 | 0,0022 | 0,0037 | 0,0049 |
| 627 | 3781,8120 | 3629,4623 | 2545,3364 | 0,0039 | 0,0071 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8526 | 3301,4627 | 2544,5869 | 0,0008 | 0,0004 | 0,0042 |
| 630 | 3617,5563 | 3162,7010 | 2545,8515 | 0,0116 | 0,0058 | 0,0018 |
| 632 | 3912,4107 | 3373,3930 | 2724,2676 | 0,0040 | 0,0070 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4638 | 3551,5752 | 2724,8369 | 0,0006 | 0,0019 | 0 |
| 638 | 4048,9562 | 3716,5949 | 2723,7010 | 0,0002 | 7,7e-05 | 0,0021 |
| 642 | 4482,2883 | 3839,8501 | 2943,2080 | 0,0012 | 0,0002 | 3,4e-05 |
| 643 | 4543,7414 | 4340,6521 | 2932,1830 | 0,0005 | 0,0021 | 1,5e-05 |
| 644 | 4474,1593 | 4533,8761 | 2928,4602 | 0 | 0 | 0 |
| 712 | 3705,7860 | 2681,2266 | 2753,2391 | 0,0018 | 0,0096 | 0,0078 |
| 714 | 3483,7096 | 2900,7230 | 2493,5054 | 0,0003 | 0,0003 | 0,00011 |
| 750 | 3038,1256 | 2565,6273 | 2544,1626 | 0,0036 | 0,0011 | 0,0143 |
| 755 | 3381,4526 | 2684,2993 | 2572,8755 | 0,0057 | 0,0110 | 0,0070 |
| 756 | 3061,8705 | 2324,0177 | 2749,4893 | 0,0068 | 0,0072 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8879 | 2390,6888 | 2739,7403 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0344 | 2545,6459 | 2751,4654 | 0,0013 | 0,0013 | 0 |
| 759 | 3636,7743 | 2773,9252 | 2675,8127 | 0,0032 | 0,0035 | 0,0021 |
| 760 | 3731,3029 | 3049,0372 | 2673,6363 | 0,0294 | 0,0246 | 0,0072 |
| 761 | 3675,1041 | 3087,9627 | 2624,6715 | 0,0015 | 0,0043 | 0,0019 |
| 762 | 3880,3346 | 2719,6704 | 2819,4694 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0052 |
| 772 | 3580,4567 | 2853,3172 | 2595,6137 | 0,1222 | 0,0892 | 0,0252 |
| 778 | 3228,0842 | 2586,0533 | 2544,3786 | 0,0025 | 0,0004 | 0,0017 |

RESULTADOS AGOSTO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 511 | 4303,2342 | 5253,6035 | 3007,3374 | 0,0096 | 0,0037 | 3,1e-05 |
| 515 | 3636,9154 | 4821,4367 | 2542,3131 | 0,0009 | 0,0002 | 0,0062 |
| 550 | 4306,2006 | 5392,9211 | 3006,1780 | 0,0081 | 0,0024 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8520 | 5324,6810 | 2920,1757 | 0 | 0 | 0 |
| 569 | 4139,6247 | 5121,3864 | 2823,2160 | 0,0041 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5275 | 5113,1771 | 3006,3976 | 0,0029 | 0,0014 | 8,7e-06 |
| 611 | 4588,8090 | 4129,2839 | 2946,7974 | 0,0002 | 0,0025 | 0,0025 |
| 613 | 4091,8995 | 4132,0509 | 2724,9887 | 0,0318 | 0,0038 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8660 | 4128,7080 | 2543,8047 | 0,0020 | 0,0124 | 0,0095 |
| 615 | 3915,0580 | 3275,9208 | 2748,3382 | 0,0019 | 0,0023 | 0,0048 |
| 623 | 3873,0997 | 4270,1782 | 2544,9537 | 0,0010 | 0,0016 | 0,0048 |
| 624 | 3869,7251 | 4001,6415 | 2545,5772 | 0,0001 | 0,0018 | 0,0020 |
| 625 | 3863,4994 | 3854,5925 | 2543,9912 | 0,0047 | 0,0025 | 0,0070 |
| 626 | 3818,2832 | 3719,5212 | 2544,1759 | 0,0035 | 0,0103 | 0,0026 |
| 627 | 3781,8388 | 3629,4029 | 2545,3988 | 0,0018 | 0,0142 | 0,0040 |
| 629 | 3647,8723 | 3301,4319 | 2544,6676 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0018 |
| 630 | 3617,5324 | 3162,6808 | 2545,9244 | 0,0123 | 0,0047 | 0,0018 |
| 632 | 3912,4336 | 3373,3260 | 2724,3360 | 0,0036 | 0,0078 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4802 | 3551,5473 | 2724,9043 | 0,0005 | 0,0017 | 0 |
| 638 | 4048,9733 | 3716,5658 | 2723,7756 | 0,0002 | 6,6e-05 | 0,0020 |
| 642 | 4482,3432 | 3839,8066 | 2943,2778 | 0,0190 | 0,0032 | 0,0005 |
| 643 | 4543,7574 | 4340,6216 | 2932,2539 | 3,5e-05 | 0,0021 | 0 |
| 644 | 4474,1755 | 4533,8434 | 2928,5311 | 0 | 0 | 0 |
| 712 | 3705,7993 | 2681,2183 | 2753,3296 | 0,0025 | 0,0060 | 0,0073 |
| 714 | 3483,7275 | 2900,6934 | 2493,5746 | 0,0015 | 0,0023 | 0,0019 |
| 750 | 3038,1257 | 2565,5857 | 2544,2060 | 0,0042 | 0,0026 | 0,0074 |
| 755 | 3381,4548 | 2684,3039 | 2572,9683 | 0,0039 | 0,0129 | 0,0070 |
| 756 | 3061,8690 | 2324,0095 | 2749,5784 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,9054 | 2390,6545 | 2739,7936 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0071 |
| 758 | 3500,0569 | 2545,6136 | 2751,5745 | 0,0015 | 0,0015 | 0 |
| 759 | 3636,7763 | 2773,8802 | 2675,8697 | 0,0036 | 0,0032 | 0,0055 |
| 760 | 3731,2279 | 3049,0810 | 2673,7285 | 0,0294 | 0,0246 | 0,0072 |
| 761 | 3675,1136 | 3087,9137 | 2624,7320 | 0,0013 | 0,0044 | 0,0002 |
| 762 | 3880,3545 | 2719,6413 | 2819,5567 | 0,0002 | 0,0001 | 0,0053 |
| 772 | 3580,5786 | 2853,2215 | 2595,6696 | 0,0028 | 0,0007 | 0,0048 |
| 778 | 3228,0935 | 2586,0209 | 2544,4468 | 0,0041 | 0,0014 | 0,0017 |

RESULTADOS SETEMBRO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|-------------|---------|
| 511 | 4303,1658 | 5253,5826 | 3007,3143 | 0,0092 | 0,0035 | 3,0e-05 |
| 515 | 3636,8749 | 4821,4267 | 2542,3013 | 0,0002 | 8,1128e-005 | 0,0041 |
| 550 | 4306,1375 | 5392,9161 | 3006,1548 | 0,0089 | 0,0052 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8109 | 5324,6749 | 2920,1525 | 0,0004 | 0,0001 | 1,8e-05 |
| 569 | 4139,5979 | 5121,3811 | 2823,1917 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,4794 | 5113,1689 | 3006,3786 | 0,0029 | 0,0014 | 8,7e-06 |
| 611 | 4588,7696 | 4129,2786 | 2946,7764 | 0,0004 | 0,0025 | 1,4e-05 |
| 613 | 4091,7614 | 4132,0492 | 2724,9781 | 0,0319 | 0,0022 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8280 | 4128,7153 | 2543,7986 | 0,0016 | 0,0096 | 0,0088 |
| 615 | 3915,0247 | 3275,9165 | 2748,3054 | 0,0024 | 0,0021 | 0,0001 |
| 623 | 3873,0569 | 4270,1799 | 2544,9160 | 0,0014 | 0,0055 | 0,0047 |
| 624 | 3869,6907 | 4001,6336 | 2545,5762 | 0,0012 | 0,0014 | 0,0048 |
| 625 | 3863,4443 | 3854,5904 | 2543,9831 | 0,0049 | 0,0037 | 0,0045 |
| 626 | 3818,2384 | 3719,4977 | 2544,1479 | 0,0015 | 0,0023 | 0,0017 |
| 627 | 3781,8080 | 3629,3611 | 2545,3655 | 0,0049 | 0,0043 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8341 | 3301,4217 | 2544,6493 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0026 |
| 630 | 3617,4558 | 3162,6856 | 2545,9081 | 0,0116 | 0,0058 | 0,0018 |
| 632 | 3912,4013 | 3373,2828 | 2724,3103 | 0,0015 | 0,0143 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4413 | 3551,5385 | 2724,8811 | 0 | 0 | 0 |
| 638 | 4048,9350 | 3716,5596 | 2723,7561 | 0,0005 | 0,0029 | 0,0021 |
| 642 | 4482,3632 | 3839,7868 | 2943,2530 | 0,0190 | 0,0032 | 0,0005 |
| 643 | 4543,7173 | 4340,6173 | 2932,2307 | 0,0005 | 0,0024 | 1,5e-05 |
| 644 | 4474,1358 | 4533,8337 | 2928,5079 | 0,0005 | 5,1e-05 | 1,8e-05 |
| 712 | 3705,7535 | 2681,2296 | 2753,3202 | 0,0025 | 0,0072 | 0,0028 |
| 714 | 3483,6902 | 2900,6866 | 2493,5497 | 0 | 0 | 0 |
| 750 | 3038,0771 | 2565,5720 | 2544,1545 | 0,0046 | 0,0011 | 0,0215 |
| 755 | 3381,3971 | 2684,3271 | 2572,9669 | 0,0059 | 0,0106 | 0,0070 |
| 756 | 3061,8137 | 2324,0252 | 2749,5735 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8675 | 2390,6433 | 2739,7528 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0193 | 2545,6064 | 2751,5513 | 0,0013 | 0,0014 | 5,3e-05 |
| 759 | 3636,7265 | 2773,8599 | 2675,8372 | 0,0034 | 0,0033 | 0,0035 |
| 760 | 3731,0971 | 3049,1480 | 2673,7240 | 0,0295 | 0,0247 | 0,0057 |
| 761 | 3675,0701 | 3087,8901 | 2624,7081 | 0,0013 | 0,0044 | 0,0002 |
| 762 | 3880,3165 | 2719,6320 | 2819,5498 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0052 |
| 772 | 3580,5508 | 2853,2164 | 2595,6564 | 0,0043 | 0,0024 | 0,0027 |
| 778 | 3228,0471 | 2586,0117 | 2544,4192 | 0,0022 | 0,0006 | 0,0002 |

RESULTADOS OUTUBRO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 511 | 4303,1733 | 5253,5713 | 3007,2527 | 0,0092 | 0,0035 | 3,0e-05 |
| 515 | 3636,9100 | 4821,4261 | 2542,2489 | 0,0009 | 0,0002 | 0,0017 |
| 550 | 4306,1530 | 5392,9149 | 3006,0933 | 0,0068 | 0,0011 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8472 | 5324,6747 | 2920,0950 | 0 | 0 | 0 |
| 569 | 4139,6505 | 5121,3867 | 2823,1288 | 0,0041 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,5073 | 5113,1671 | 3006,3171 | 0,0024 | 0,0007 | 8,7e-06 |
| 611 | 4588,8061 | 4129,2818 | 2946,7148 | 0,0001 | 0,0021 | 0 |
| 613 | 4091,6747 | 4132,0598 | 2724,9322 | 0,0318 | 0,0042 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8696 | 4128,7426 | 2543,7706 | 0,0012 | 0,0111 | 0,0074 |
| 615 | 3915,0716 | 3275,9268 | 2748,2395 | 0,0031 | 0,0036 | 0,0001 |
| 623 | 3873,0907 | 4270,1985 | 2544,8424 | 0,0004 | 0,0018 | 0,0018 |
| 624 | 3869,7325 | 4001,6370 | 2545,5341 | 0,0014 | 0,0017 | 0,0055 |
| 625 | 3863,4605 | 3854,5999 | 2543,9369 | 0,0055 | 0,0030 | 0,0028 |
| 626 | 3818,2669 | 3719,4771 | 2544,0782 | 0,0008 | 0,0030 | 0 |
| 627 | 3781,8639 | 3629,3460 | 2545,2918 | 0,0051 | 0,0036 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8729 | 3301,4234 | 2544,5961 | 0,0010 | 0,0013 | 0,0018 |
| 630 | 3617,4407 | 3162,6995 | 2545,8455 | 0,0149 | 0,0022 | 0,0010 |
| 632 | 3912,4521 | 3373,2540 | 2724,2419 | 0,0028 | 0,0094 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4774 | 3551,5387 | 2724,8196 | 0,0004 | 0,0001 | 6,2e-05 |
| 638 | 4048,9727 | 3716,5631 | 2723,7000 | 0,0004 | 0,0001 | 6,2e-05 |
| 642 | 4482,4739 | 3839,7742 | 2943,1894 | 0,0190 | 0,0032 | 0,0005 |
| 643 | 4543,7539 | 4340,6216 | 2932,1691 | 4,1e-05 | 0,0024 | 0 |
| 644 | 4474,1721 | 4533,8336 | 2928,4443 | 7,8e-05 | 7,0e-06 | 0,0024 |
| 712 | 3705,7848 | 2681,2587 | 2753,2779 | 0,0041 | 0,0120 | 0,0043 |
| 714 | 3483,7275 | 2900,6906 | 2493,4832 | 0,0006 | 0,0005 | 0,0034 |
| 750 | 3038,1026 | 2565,5722 | 2544,0393 | 0,0047 | 0,0032 | 0,0063 |
| 755 | 3381,4079 | 2684,3653 | 2572,9326 | 0,0069 | 0,0097 | 0,0070 |
| 756 | 3061,8304 | 2324,0570 | 2749,5348 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,9091 | 2390,6434 | 2739,6715 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0602 | 2545,6063 | 2751,5184 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0190 |
| 759 | 3636,7489 | 2773,8476 | 2675,7599 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0030 |
| 760 | 3731,0193 | 3049,2438 | 2673,6845 | 0,0295 | 0,0247 | 0,0057 |
| 761 | 3675,1009 | 3087,8733 | 2624,6403 | 0,0016 | 0,0042 | 0,0022 |
| 762 | 3880,3562 | 2719,6337 | 2819,5046 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0052 |
| 772 | 3580,6135 | 2853,2381 | 2595,6010 | 0,0019 | 0,0009 | 0,0002 |
| 778 | 3228,0801 | 2586,0136 | 2544,3585 | 0,0008 | 0,0009 | 0,0002 |

RESULTADOS NOVIEMBRE DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|--------|--------|---------|
| 511 | 4303,1140 | 5253,5669 | 3007,2580 | 0,0090 | 0,0053 | 3,1e-05 |
| 515 | 3636,8842 | 4821,4413 | 2542,2694 | 0,0005 | 0,0001 | 0,0037 |
| 550 | 4306,1016 | 5392,9283 | 3006,0942 | 0,0065 | 0,0016 | 2,2e-05 |
| 559 | 4190,8218 | 5324,6911 | 2920,1001 | 0 | 0 | 0 |
| 569 | 4139,6392 | 5121,4038 | 2823,1329 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,4728 | 5113,1808 | 3006,3222 | 0,0024 | 0,0007 | 8,7e-06 |
| 611 | 4588,7829 | 4129,3021 | 2946,7243 | 0 | 0 | 0 |
| 613 | 4091,5521 | 4132,0814 | 2724,9500 | 0,0319 | 0,0022 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8490 | 4128,7697 | 2543,8026 | 0,0004 | 0,0018 | 0,0051 |
| 615 | 3915,0542 | 3275,9436 | 2748,2442 | 0,0020 | 0,0014 | 0,0001 |
| 623 | 3873,0649 | 4270,2153 | 2544,8386 | 0,0006 | 0,0031 | 0,0030 |
| 624 | 3869,7130 | 4001,6556 | 2545,5591 | 0,0013 | 0,0017 | 0,0048 |
| 625 | 3863,4193 | 3854,6206 | 2543,9497 | 0,0056 | 0,0026 | 0,0028 |
| 626 | 3818,2368 | 3719,4779 | 2544,0710 | 0,0016 | 0,0046 | 0,0016 |
| 627 | 3781,8561 | 3629,3463 | 2545,2909 | 0,0043 | 0,0059 | 0,0028 |
| 629 | 3647,8512 | 3301,4359 | 2544,6094 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0026 |
| 630 | 3617,3769 | 3162,7264 | 2545,8484 | 0,0121 | 0,0062 | 0,0024 |
| 632 | 3912,4400 | 3373,2439 | 2724,2445 | 0,0036 | 0,0078 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4541 | 3551,5550 | 2724,8211 | 0 | 0 | 0 |
| 638 | 4048,9494 | 3716,5803 | 2723,7052 | 0,0004 | 0,0017 | 0 |
| 642 | 4482,5093 | 3839,7768 | 2943,1929 | 0,0190 | 0,0032 | 0,0005 |
| 643 | 4543,7301 | 4340,6364 | 2932,1742 | 0 | 0 | 0 |
| 644 | 4474,1483 | 4533,8431 | 2928,4462 | 0,0005 | 0,0021 | 0,0020 |
| 712 | 3705,7587 | 2681,2978 | 2753,2939 | 0,0032 | 0,0054 | 0,0061 |
| 714 | 3483,7030 | 2900,7039 | 2493,4840 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0017 |
| 750 | 3038,0673 | 2565,5795 | 2544,0161 | 0,0055 | 0,0039 | 0,0059 |
| 755 | 3381,3631 | 2684,4084 | 2572,9596 | 0,0059 | 0,0106 | 0,0070 |
| 756 | 3061,7874 | 2324,0932 | 2749,5582 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,8874 | 2390,6549 | 2739,6610 | 0,0018 | 0,0008 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0375 | 2545,6193 | 2751,5331 | 0,0011 | 0,0015 | 6,2e-05 |
| 759 | 3636,7143 | 2773,8498 | 2675,7538 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0030 |
| 760 | 3730,9040 | 3049,3330 | 2673,7092 | 0,0293 | 0,0246 | 0,0076 |
| 761 | 3675,0724 | 3087,8724 | 2624,6422 | 0,0015 | 0,0043 | 0,0019 |
| 762 | 3880,3341 | 2719,6477 | 2819,5302 | 0,0017 | 0,0016 | 0,0052 |
| 772 | 3580,5982 | 2853,2542 | 2595,6081 | 0,0054 | 0,0049 | 0,0016 |
| 778 | 3228,0503 | 2586,0281 | 2544,3629 | 0,0010 | 0,0012 | 0,0017 |

RESULTADOS DEZEMBRO DE 1996

| PTO | X | Y | Z | SX | SY | SZ |
|-----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|
| 511 | 4303,0966 | 5253,5395 | 3007,3006 | 0,0096 | 0,0037 | 3,1e-05 |
| 515 | 3636,8927 | 4821,4252 | 2542,3215 | 0,0008 | 0,0002 | 0,0020 |
| 550 | 4306,0933 | 5392,9114 | 3006,1410 | 0,0049 | 0,0009 | 1,5e-05 |
| 559 | 4190,8303 | 5324,6801 | 2920,1469 | 0,0019 | 0,0034 | 1,8e-05 |
| 569 | 4139,6631 | 5121,3930 | 2823,1786 | 0,0040 | 0,0014 | 0,0003 |
| 575 | 4359,4756 | 5113,1628 | 3006,3690 | 0,0028 | 0,0009 | 1,0e-05 |
| 611 | 4588,7939 | 4129,2912 | 2946,7711 | 0,0004 | 0,0035 | 1,4e-05 |
| 613 | 4091,4650 | 4132,0758 | 2725,0129 | 0,0318 | 0,0038 | 0,0040 |
| 614 | 3873,8611 | 4128,7559 | 2543,8705 | 0,0008 | 7,2e-05 | 0,0021 |
| 615 | 3915,0721 | 3275,9332 | 2748,2895 | 0,0025 | 0,0029 | 0,0019 |
| 623 | 3873,0736 | 4270,2073 | 2544,8774 | 0,0008 | 0,0037 | 0,0015 |
| 624 | 3869,7271 | 4001,6473 | 2545,6148 | 0,0005 | 0,0015 | 0,0027 |
| 625 | 3863,4134 | 3854,6140 | 2544,0049 | 0,0058 | 0,0027 | 0,0014 |
| 626 | 3818,2455 | 3719,4574 | 2544,1145 | 0,0011 | 0,0016 | 0,0016 |
| 627 | 3781,8808 | 3629,3127 | 2545,3291 | 0,0048 | 0,0047 | 0,0032 |
| 629 | 3647,8641 | 3301,4215 | 2544,6611 | 0,0012 | 0,0014 | 0,0018 |
| 630 | 3617,3516 | 3162,7310 | 2545,8928 | 0,0118 | 0,0054 | 0,0018 |
| 632 | 3912,4636 | 3373,2074 | 2724,2887 | 0,0058 | 0,0025 | 0,0008 |
| 635 | 3986,4659 | 3551,5424 | 2724,8651 | 0,0003 | 0,0017 | 0,0018 |
| 638 | 4048,9613 | 3716,5677 | 2723,7520 | 0 | 0 | 0 |
| 642 | 4482,5794 | 3839,7503 | 2943,2381 | 0,0188 | 0,0050 | 0,0005 |
| 643 | 4543,7407 | 4340,6253 | 2932,2210 | 0,0005 | 9,6e-06 | 1,7e-05 |
| 644 | 4474,1586 | 4533,8267 | 2928,4877 | 7,8e-05 | 7,0e-06 | 0,0024 |
| 712 | 3705,7615 | 2681,3012 | 2753,3554 | 0,0026 | 0,0068 | 0,0025 |
| 714 | 3483,7098 | 2900,6922 | 2493,5285 | 0,0075 | 0,0063 | 0,0023 |
| 750 | 3038,0689 | 2565,5548 | 2544,0537 | 0,0022 | 0,0023 | 0,0034 |
| 755 | 3381,3539 | 2684,4241 | 2573,0282 | 0,0072 | 0,0094 | 0,0070 |
| 756 | 3061,7825 | 2324,1033 | 2749,6232 | 0,0052 | 0,0082 | 0,0059 |
| 757 | 3319,9023 | 2390,6396 | 2739,6920 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0050 |
| 758 | 3500,0511 | 2545,6055 | 2751,5894 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0190 |
| 759 | 3636,7134 | 2773,8252 | 2675,7791 | 0,0046 | 0,0024 | 0,0110 |
| 760 | 3730,8238 | 3049,3943 | 2673,7754 | 0,0295 | 0,0247 | 0,0057 |
| 761 | 3675,0787 | 3087,8436 | 2624,6838 | 0,0016 | 0,0042 | 0,0022 |
| 762 | 3880,3475 | 2719,6332 | 2819,5932 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0052 |
| 772 | 3580,6315 | 2853,2590 | 2595,6568 | 0,0097 | 0,0094 | 0,0018 |
| 778 | 3228,0565 | 2586,0147 | 2544,4069 | 0,0022 | 0,0008 | 0,0017 |

6 DETERMINAÇÃO,TESTES E INTERPRETAÇÃO DOS POSSÍVEIS DESLOCAMENTOS

Uma vez obtidas as diferenças entre as épocas é importante determinar se estas correspondem realmente a um deslocamento, ou são efeitos dos erros sistemáticos e grosseiros não modelados. Esta tarefa foi realizada aplicando um teste estatístico a um certo nível de significância (5%) e baseado numa distribuição F de Snedecor.

O teste a aplicar pertence à teoria multivariada no caso de comparações emparelhadas, que se descreve a seguir:

Hipótese básica:

$$H_0 : \tilde{\delta} = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} ; \text{ não existe diferença significativa entre as componentes ao}$$

longo de um ano.

Hipótese Alternativa:

$$H_1 : \tilde{\delta} = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix} \neq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} ; \text{ existe diferença significativa entre as componentes ao longo de}$$

um ano.

Onde:

d_x = vetor da componente X, resultante da diferença entre a época 1(janeiro) e as outras épocas (fevereiro a dezembro).

d_y = vetor da componente Y, resultante da diferença entre a época 1(janeiro) e as outras épocas (fevereiro a dezembro).

d_z = vetor da componente Z, resultante da diferença entre a época 1(janeiro) e as outras épocas (fevereiro a dezembro).

$$\bar{d} = \begin{bmatrix} \bar{d}_x \\ \bar{d}_y \\ \bar{d}_z \end{bmatrix} \Rightarrow \text{Vetor médio das diferenças entre componentes.} \quad (57)$$

$$\bar{\tilde{d}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \tilde{d}_j, \quad (58)$$

$$S_d = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\tilde{d}_j - \bar{\tilde{d}})(\tilde{d}_j - \bar{\tilde{d}}). \quad (59)$$

Estatística do Teste:

$$T^2 = n * (\bar{\tilde{d}} - \tilde{\delta})' * S_d^{-1} * (\bar{\tilde{d}} - \tilde{\delta}). \quad (60)$$

Como:

$$T^2 \sim \frac{(n-1)p}{n-p} F_{p, n-p}; \quad (61)$$

Sendo:

n = número de diferenças,

p = número de variáveis.

Rejeita-se H_0 , se:

$$T^2 > \frac{(n-1)p}{n-p} F_{p, n-p}. \quad (62)$$

6.1 RESULTADOS DA ESTAÇÃO DE CONTROLE

Fazendo a diferença da época 1 (janeiro) com cada uma das outras épocas (fevereiro até dezembro), gerou-se o vetor de diferenças para cada uma das componentes (X, Y, Z).

A seguir apresentam-se os resultados do teste de comparações emparelhadas, para determinar se existe uma diferença significativa nas variações das componentes das coordenadas da estação de controle (APS), durante o ano 1996.

Para $\alpha = 0,05$,

- Valor Teórico:

$$\frac{p(n-1)}{n-p} F(\alpha)_{p, n-p} = \frac{3(11-1)}{11-3} F_{(0,05)}_{3,8} \cong 15,26.$$

- Valor calculado:

$$S_d = \begin{bmatrix} 0.000341843636364861 & -0.000164920000000658 & 0.000427378181818434 \\ -0.000164920000000658 & 0.000505750000009255 & -0.000370780000003158 \\ 0.000427378181818434 & -0.000370780000003158 & 0.00144314090908889 \end{bmatrix},$$

$$\hat{d} = \begin{bmatrix} -0.0125818181816984 \\ 0.0105000000000721 \\ -0.0390090909091172 \end{bmatrix}$$

$$T^2 = 1.059$$

Como:

$T^2 = 1.059 < \frac{p(n-1)}{n-p} F(\alpha)_{p, n-p}$, aceita-se a hipótese básica H_0 a um nível de significância de 5%, que não existe diferença significativa entre os valores das componentes no ano 1996.

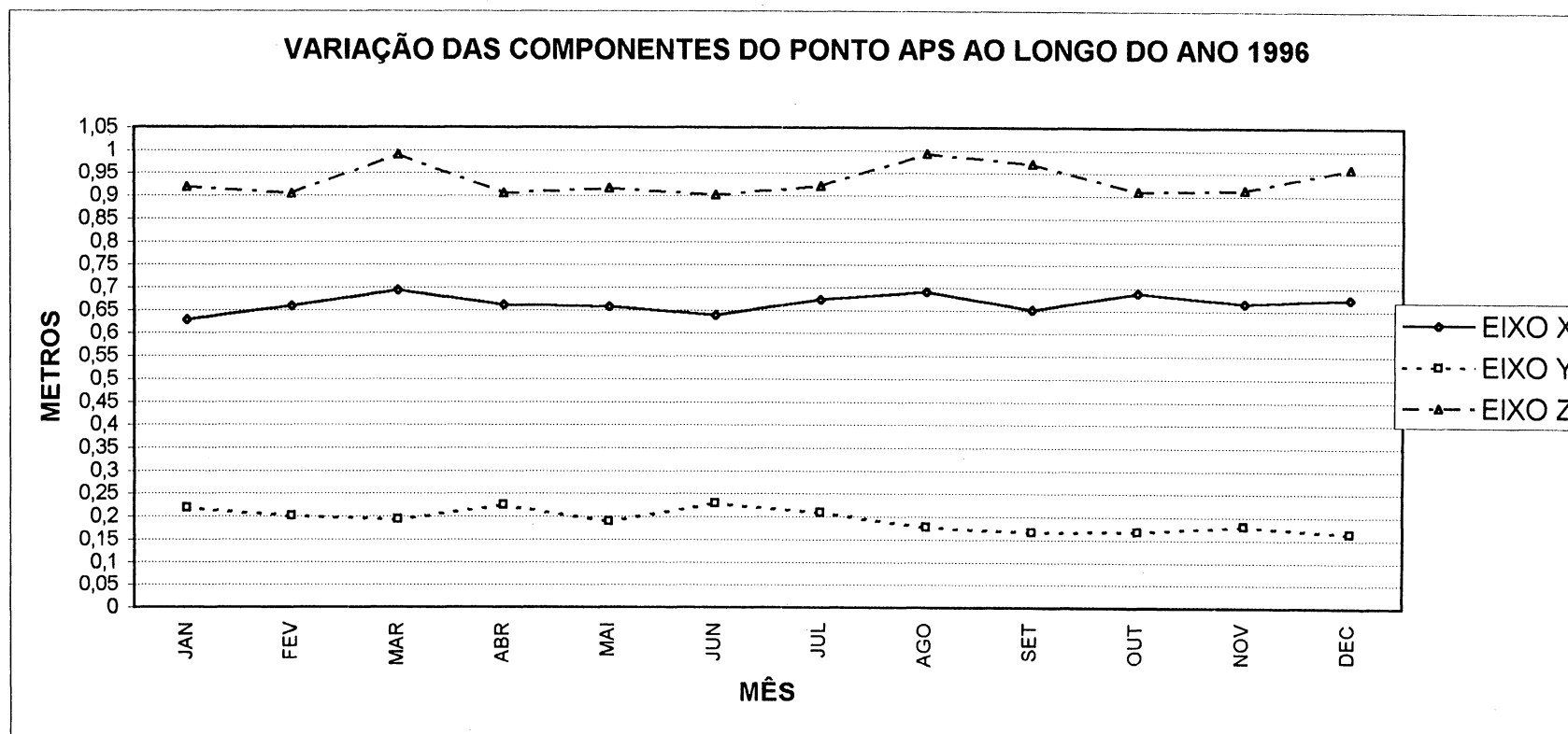
Na tabela 10 e gráfico 1 (seção 6.1.1) apresentam-se as variações das componentes das coordenadas ao longo do ano 1996.

6.1.1 Variação das Componentes do Ponto APS Ajustado

TABELA 10 – COORDENADAS DA ESTAÇÃO APS DURANTE O ANO 1996

| COMP. | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEC |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| X | 1812,628 | 1812,659 | 1812,693 | 1812,661 | 1812,657 | 1812,639 | 1812,674 | 1812,691 | 1812,651 | 1812,688 | 1812,665 | 1812,675 |
| Y | 4295,219 | 4295,201 | 4295,193 | 4295,225 | 4295,19 | 4295,229 | 4295,209 | 4295,177 | 4295,168 | 4295,168 | 4295,18 | 4295,164 |
| Z | 3015,919 | 3015,904 | 3015,991 | 3015,906 | 3015,916 | 3015,901 | 3015,922 | 3015,993 | 3015,97 | 3015,909 | 3015,914 | 3015,96 |

GRÁFICO 1 – VARIAÇÃO DAS COMPONENTES DO PONTO APS



6.2 RESULTADOS DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO

Para os pontos de observação também aplicou-se o teste de comparações emparelhadas para determinar se as variações dos 36 pontos eram significativas.

Para este propósito calculou-se as diferenças tomando como referência a época 1, aplicando o teste com cada uma das outras épocas.

A seguir apresentam-se os resultados para as diferenças entre as épocas 1 e 2 (janeiro-fevereiro) e 1 e 3(janeiro –março).

- Época 1 – Época 2 :

$$\frac{p(n-1)}{n-p} F(\alpha)_{p, n-p} = \frac{3(36-1)}{36-3} F_{(0,05)}_{3,33} \cong 9,21 .$$

- Valor calculado:

$$S_d = \begin{bmatrix} 0.0191126456111111 & -0.00454416727777778 & -0.00236751758730159 \\ -0.00454416727777778 & 0.0103322646587302 & 0.00342611911111111 \\ -0.00236751758730159 & 0.00342611911111111 & 0.00315862634920635 \end{bmatrix},$$

$$\hat{d} = \begin{bmatrix} -0.0641694444444444 \\ -0.0288138888888889 \\ 0.00137777777777777 \end{bmatrix}$$

$$T^2 = 16.22$$

Como:

$T^2 = 16.22 > \frac{p(n-1)}{n-p} F(\alpha)_{p, n-p}$, rejeita-se a hipótese básica H_0 a um nível de significância de 5%; que existe diferença significativa entre os valores das épocas 1 e 2 do ano 1996.

- Época 1 – Época 3 :

$$\frac{p(n-1)}{n-p} F(\alpha)_{p, n-p} = \frac{3(36-1)}{36-3} F_{(0,05)}_{3,33} \cong 9,21 .$$

- Valor calculado:

$$S_d = \begin{bmatrix} 0.0528157702539683 & -0.0217279424920635 & -0.00820758244444444 \\ -0.0217279424920635 & 0.0262640898015873 & 0.00854974325396826 \\ -0.00820758244444444 & 0.00854974325396826 & 0.00658845920634921 \end{bmatrix},$$

$$\hat{d} = \begin{bmatrix} -0.107705555555556 \\ -0.0273861111111111 \\ -0.0872277777777778 \end{bmatrix},$$

$$T^2 = 83.70.$$

Como:

$T^2 = 83.70 > \frac{p(n-1)}{n-p} F(\alpha)_{p, n-p}$, rejeita-se a hipótese básica H_0 a um nível de significância de 5%, o que significa que existe diferença significativa entre os valores das componentes das épocas 1 e 3 do ano 1996.

A seguir apresentam-se os resultados obtidos tomando como referência a época 1 e comparando com as restantes épocas:

TABELA 11 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 2, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,0044 | 0,0339 | 0,0145 | 635 | -0,0551 | -0,0606 | 0,0143 |
| 515 | -0,0351 | -0,0111 | -0,0537 | 638 | -0,083 | -0,1626 | -0,0409 |
| 550 | 0,0002 | 0,0083 | 0,0209 | 642 | -0,0356 | 0,0219 | 0,0148 |
| 559 | -0,017 | -0,0126 | -0,0139 | 643 | -0,027 | -0,0227 | 0,0092 |
| 569 | -0,0467 | 0,0123 | 0,0159 | 644 | -0,0275 | 0,0203 | 0,0208 |
| 575 | -0,0069 | -0,0228 | -0,0221 | 712 | -0,1983 | -0,2119 | -0,0144 |
| 611 | -0,0277 | -0,0248 | 0,0003 | 714 | -0,0987 | -0,0649 | 0,0143 |
| 613 | 0,0896 | -0,0232 | -0,0047 | 750 | 0,0018 | 0,0286 | 0,0839 |
| 614 | -0,0745 | -0,1382 | -0,1416 | 755 | -0,2537 | -0,2624 | -0,0127 |
| 615 | -0,1134 | -0,1451 | 0,0335 | 756 | -0,0079 | -0,0119 | -0,0082 |
| 623 | -0,0202 | -0,1174 | 0,062 | 757 | -0,0868 | -0,0226 | 0,0343 |
| 624 | -0,059 | -0,1257 | -0,0232 | 758 | -0,1103 | -0,0596 | 0,0049 |
| 625 | -0,0954 | -0,1663 | -0,2067 | 759 | -0,0142 | 0,028 | 0,0261 |
| 626 | -0,0246 | 0,0262 | 0,0257 | 760 | 0,0795 | -0,0753 | -0,039 |
| 627 | -0,0423 | 0,0467 | 0,0406 | 761 | -0,0241 | 0,0372 | 0,0181 |
| 629 | -0,0481 | -0,0038 | -0,0171 | 762 | -0,0425 | -0,0029 | -0,0062 |
| 630 | 0,0342 | 0,0241 | 0,0189 | 772 | -0,7813 | 0,3483 | 0,1416 |
| 632 | -0,0401 | 0,0581 | 0,0214 | 778 | -0,0228 | 0,0172 | 0,018 |

GRÁFICO 2 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 2, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

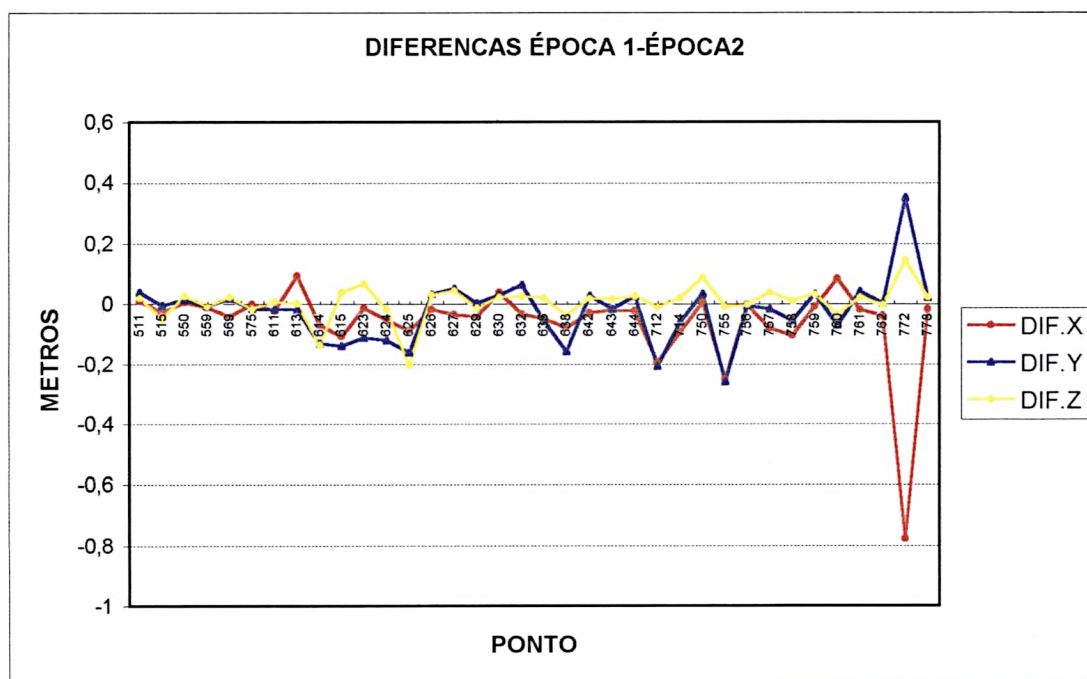


TABELA 12 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 3, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | -0,0025 | 0,0588 | -0,0728 | 635 | -0,0958 | -0,0763 | -0,0729 |
| 515 | -0,0702 | -0,0068 | -0,1657 | 638 | -0,1244 | -0,1838 | -0,1437 |
| 550 | -0,0083 | 0,0086 | -0,0578 | 642 | -0,0729 | 0,0335 | -0,0722 |
| 559 | -0,0469 | -0,0118 | -0,1053 | 643 | -0,0585 | -0,0331 | -0,0781 |
| 569 | -0,0932 | 0,0157 | -0,0702 | 644 | -0,0571 | 0,0296 | -0,0644 |
| 575 | -0,0298 | -0,0225 | -0,1136 | 712 | -0,2457 | -0,2491 | -0,1134 |
| 611 | -0,0609 | -0,0314 | -0,0902 | 714 | -0,1417 | -0,0717 | -0,0662 |
| 613 | 0,1538 | -0,0314 | -0,1071 | 750 | -0,0128 | 0,0441 | 0,0375 |
| 614 | -0,1318 | -0,2019 | -0,3239 | 755 | -0,3154 | -0,3324 | -0,1218 |
| 615 | -0,1954 | -0,2313 | -0,0385 | 756 | -0,0242 | -0,0286 | -0,1136 |
| 623 | -0,0485 | -0,1776 | -0,0012 | 757 | -0,1348 | -0,023 | -0,0372 |
| 624 | -0,0986 | -0,1459 | -0,1221 | 758 | -0,152 | -0,0589 | -0,1015 |
| 625 | -0,1195 | -0,1808 | -0,3213 | 759 | -0,0348 | 0,0442 | -0,0438 |
| 626 | -0,0551 | 0,04 | -0,0567 | 760 | 0,136 | -0,1434 | -0,1547 |
| 627 | -0,0871 | 0,0746 | -0,0299 | 761 | -0,0534 | 0,0587 | -0,0666 |
| 629 | -0,0848 | -0,0009 | -0,1068 | 762 | -0,0808 | -0,0047 | -0,1099 |
| 630 | 0,0487 | 0,0314 | -0,0668 | 772 | -1,3503 | 0,6992 | 0,1594 |
| 632 | -0,0825 | 0,0954 | -0,0615 | 778 | -0,0462 | 0,0276 | -0,0657 |

GRÁFICO 3 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 3, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

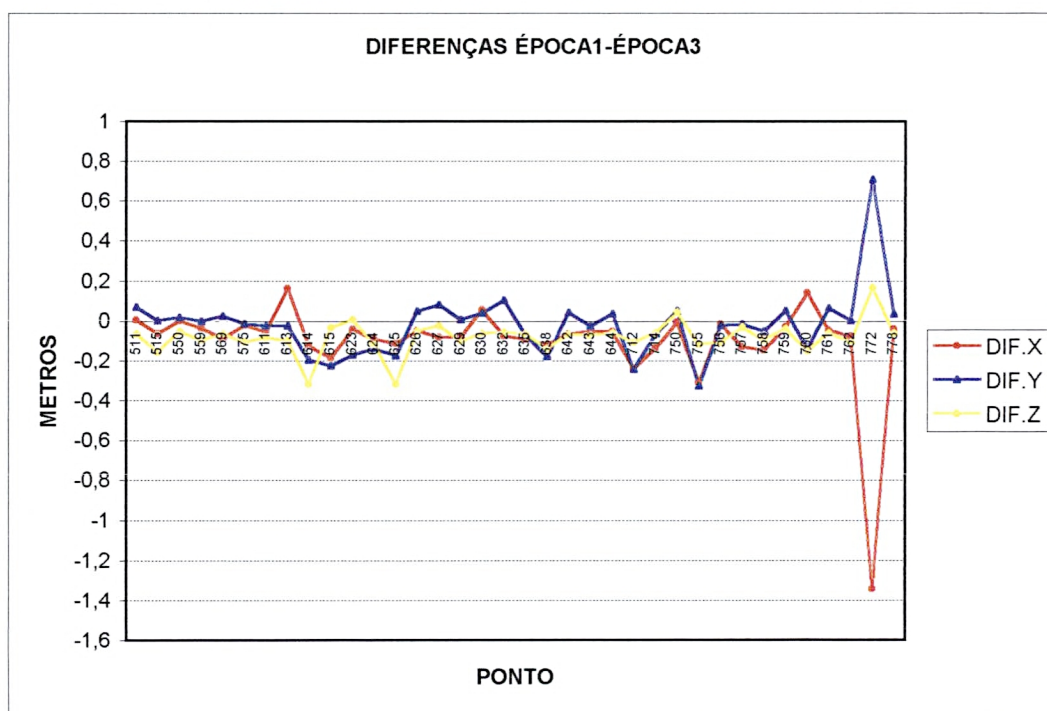


TABELA 13 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 4, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,0582 | 0,0393 | 0,013 | 635 | -0,0658 | -0,1218 | 0,0152 |
| 515 | -0,0372 | -0,0398 | -0,0928 | 638 | -0,0946 | -0,2263 | -0,0654 |
| 550 | 0,0486 | -0,0308 | 0,0344 | 642 | -0,045 | 0,0024 | 0,0157 |
| 559 | -0,0132 | -0,045 | -0,0195 | 643 | -0,0262 | -0,0703 | 0,0077 |
| 569 | -0,0739 | -0,0205 | 0,0166 | 644 | -0,025 | 0,001 | 0,0256 |
| 575 | 0,0112 | -0,0569 | -0,0309 | 712 | -0,2189 | -0,3165 | -0,0356 |
| 611 | -0,0289 | -0,0708 | -0,0055 | 714 | -0,1166 | -0,1147 | 0,0209 |
| 613 | 0,2836 | -0,0827 | -0,034 | 750 | 0,0322 | 0,0224 | 0,1392 |
| 614 | -0,11 | -0,2606 | -0,2901 | 755 | -0,3076 | -0,4384 | -0,0578 |
| 615 | -0,2002 | -0,3331 | 0,0624 | 756 | 0,0256 | -0,0843 | -0,0461 |
| 623 | -0,012 | -0,2329 | 0,0988 | 757 | -0,1082 | -0,056 | 0,0644 |
| 624 | -0,0758 | -0,2176 | -0,0561 | 758 | -0,1242 | -0,0934 | -0,035 |
| 625 | -0,072 | -0,2244 | -0,2473 | 759 | 0,008 | 0,0226 | 0,0503 |
| 626 | -0,0178 | 0,0177 | 0,0346 | 760 | 0,259 | -0,2516 | -0,0902 |
| 627 | -0,0582 | 0,0937 | 0,0627 | 761 | -0,017 | 0,0405 | 0,0225 |
| 629 | -0,0543 | -0,0367 | -0,0264 | 762 | -0,0525 | -0,0402 | -0,0406 |
| 630 | 0,1225 | -0,01 | 0,0179 | 772 | -1,8547 | 1,0078 | 0,355 |
| 632 | -0,0651 | 0,0797 | 0,0286 | 778 | -0,0054 | -0,0028 | 0,0228 |

GRÁFICO 4 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 4, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

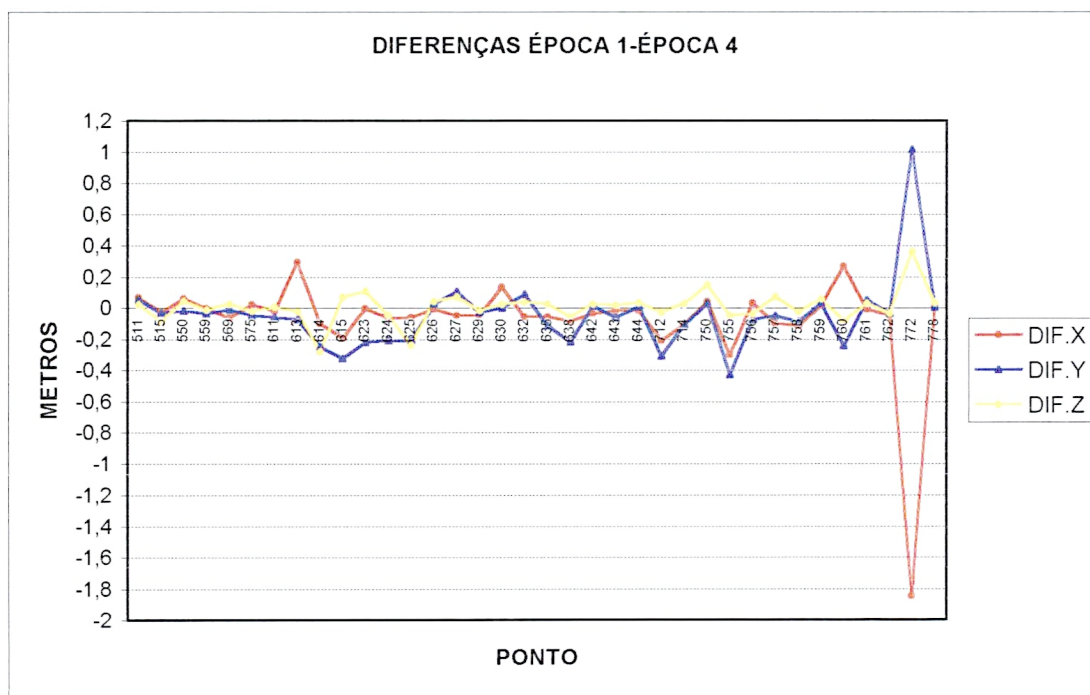


TABELA 14 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 5, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIFZ | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIFZ |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,0974 | 0,0915 | 0,0053 | 635 | -0,0621 | -0,0913 | 0,0052 |
| 515 | -0,0298 | -0,0116 | -0,1182 | 638 | -0,0912 | -0,1976 | -0,0818 |
| 550 | 0,0841 | -0,0061 | 0,0257 | 642 | -0,0459 | 0,0374 | 0,0072 |
| 559 | -0,0063 | -0,014 | -0,0343 | 643 | -0,0209 | -0,0404 | -0,003 |
| 569 | -0,0857 | 0,0081 | 0,0072 | 644 | -0,0207 | 0,0373 | 0,0148 |
| 575 | 0,0273 | -0,0243 | -0,0428 | 712 | -0,2124 | -0,3153 | -0,0636 |
| 611 | -0,0245 | -0,0411 | -0,0217 | 714 | -0,1115 | -0,0836 | 0,014 |
| 613 | 0,4107 | -0,0664 | -0,0605 | 750 | 0,0424 | 0,0579 | 0,1629 |
| 614 | -0,1132 | -0,2543 | -0,345 | 755 | -0,2971 | -0,4615 | -0,0959 |
| 615 | -0,2304 | -0,3629 | 0,0706 | 756 | 0,0525 | -0,0805 | -0,0797 |
| 623 | -0,0035 | -0,2369 | 0,1074 | 757 | -0,1074 | -0,0208 | 0,0733 |
| 624 | -0,0822 | -0,2034 | -0,108 | 758 | -0,1257 | -0,0659 | -0,0458 |
| 625 | -0,0486 | -0,2071 | -0,2718 | 759 | 0,0267 | 0,0688 | 0,0591 |
| 626 | -0,0063 | 0,0667 | 0,0352 | 760 | 0,3767 | -0,3127 | -0,1303 |
| 627 | -0,0674 | 0,1479 | 0,0588 | 761 | -0,0071 | 0,0917 | 0,0161 |
| 629 | -0,0538 | -0,0062 | -0,0463 | 762 | -0,0552 | -0,0138 | -0,0718 |
| 630 | 0,1834 | 0,0171 | 0,0106 | 772 | -2,4988 | 1,4956 | 0,4774 |
| 632 | -0,074 | 0,1333 | 0,0222 | 778 | 0,0203 | 0,042 | 0,0145 |

GRÁFICO 5 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 5, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

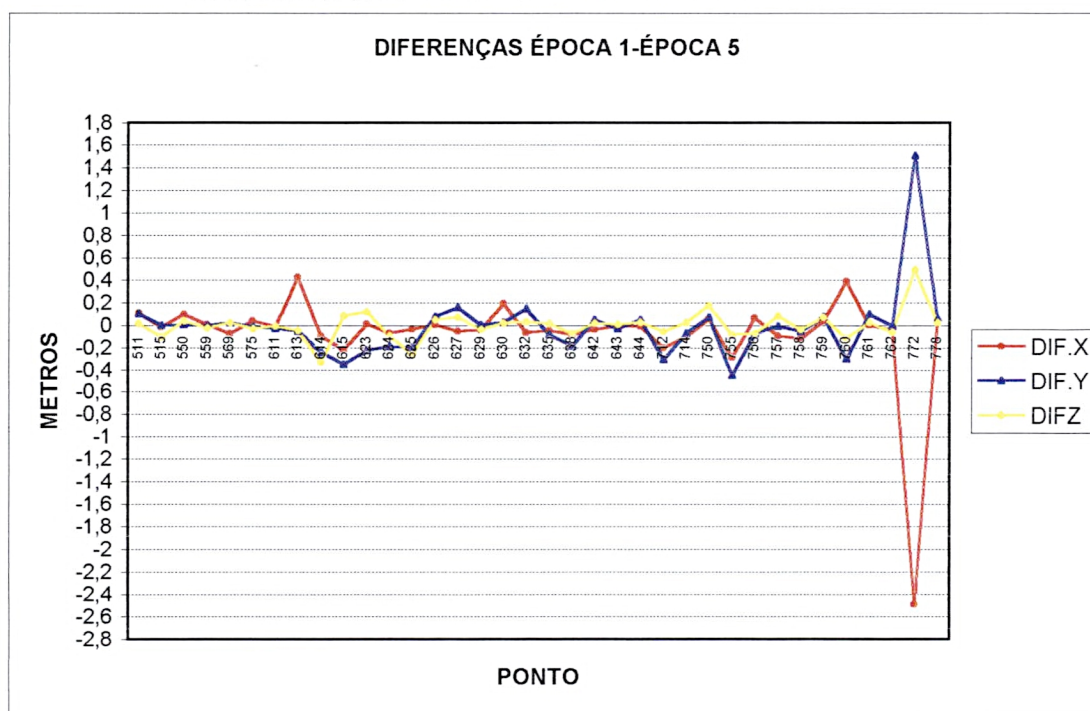


TABELA 15 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 6, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,1443 | 0,0638 | 0,0214 | 635 | -0,0462 | -0,1373 | 0,0204 |
| 515 | -0,0106 | -0,0517 | -0,1151 | 638 | -0,0753 | -0,2435 | -0,0694 |
| 550 | 0,1271 | -0,0527 | 0,0409 | 642 | -0,032 | -0,0009 | 0,0226 |
| 559 | 0,0136 | -0,0554 | -0,0192 | 643 | -0,0012 | -0,0879 | 0,0121 |
| 569 | -0,0802 | -0,0353 | 0,0244 | 644 | -0,0019 | 0,0005 | 0,03 |
| 575 | 0,054 | -0,0648 | -0,0307 | 712 | -0,1958 | -0,3853 | -0,0563 |
| 611 | -0,0058 | -0,0877 | -0,012 | 714 | -0,0917 | -0,1242 | 0,0295 |
| 613 | 0,5269 | -0,1196 | -0,0579 | 750 | 0,0633 | 0,0204 | 0,1989 |
| 614 | -0,1007 | -0,3238 | -0,3599 | 755 | -0,2677 | -0,5402 | -0,1025 |
| 615 | -0,2214 | -0,4148 | 0,1009 | 756 | 0,0864 | -0,1449 | -0,0828 |
| 623 | 0,0174 | -0,3009 | 0,1354 | 757 | -0,0925 | -0,0592 | 0,1042 |
| 624 | -0,0729 | -0,256 | -0,1248 | 758 | -0,1142 | -0,1065 | -0,0689 |
| 625 | -0,0136 | -0,2564 | -0,2634 | 759 | 0,0562 | 0,0395 | 0,091 |
| 626 | 0,0183 | 0,0412 | 0,0584 | 760 | 0,4861 | -0,4283 | -0,1338 |
| 627 | -0,0649 | 0,1357 | 0,0853 | 761 | 0,0153 | 0,0663 | 0,0346 |
| 629 | -0,039 | -0,0473 | -0,0428 | 762 | -0,0396 | -0,0549 | -0,073 |
| 630 | 0,251 | -0,0244 | 0,0373 | 772 | -3,0081 | 1,8091 | 0,5987 |
| 632 | -0,0723 | 0,1181 | 0,0442 | 778 | 0,0544 | 0,0108 | 0,0315 |

GRÁFICO 6 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 6, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

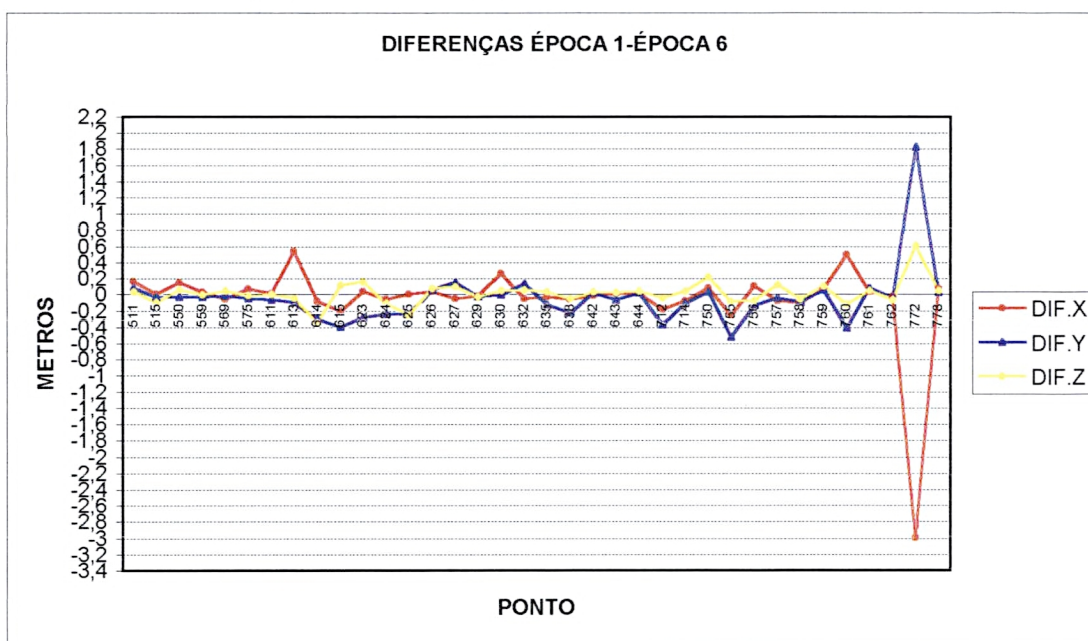


TABELA 16 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 7, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,1448 | 0,1003 | -0,0001 | 635 | -0,0829 | -0,1229 | -0,001 |
| 515 | -0,0455 | -0,0346 | -0,1593 | 638 | -0,1115 | -0,2285 | -0,0953 |
| 550 | 0,1237 | -0,0428 | 0,0226 | 642 | -0,071 | 0,0193 | 0,0013 |
| 559 | -0,0184 | -0,0402 | -0,0406 | 643 | -0,0353 | -0,0759 | -0,0093 |
| 569 | -0,1308 | -0,0213 | 0,0072 | 644 | -0,0364 | 0,0242 | 0,0128 |
| 575 | 0,0298 | -0,0441 | -0,0532 | 712 | -0,2325 | -0,4029 | -0,1009 |
| 611 | -0,0406 | -0,0705 | -0,0378 | 714 | -0,128 | -0,1082 | 0,0078 |
| 613 | 0,6152 | -0,1144 | -0,0951 | 750 | 0,0389 | 0,0363 | 0,2411 |
| 614 | -0,144 | -0,3298 | -0,4311 | 755 | -0,2766 | -0,5589 | -0,1512 |
| 615 | -0,2658 | -0,4082 | 0,0985 | 756 | 0,0731 | -0,1563 | -0,1271 |
| 623 | -0,0118 | -0,301 | 0,1314 | 757 | -0,1292 | -0,0376 | 0,1025 |
| 624 | -0,1158 | -0,2461 | -0,1756 | 758 | -0,1525 | -0,0906 | -0,0903 |
| 625 | -0,0277 | -0,2457 | -0,2993 | 759 | 0,0329 | 0,0686 | 0,0892 |
| 626 | -0,0119 | 0,0712 | 0,0444 | 760 | 0,5654 | -0,5045 | -0,18 |
| 627 | -0,1119 | 0,1902 | 0,0776 | 761 | -0,0151 | 0,0994 | 0,0157 |
| 629 | -0,0789 | -0,0289 | -0,0857 | 762 | -0,0775 | -0,0372 | -0,1148 |
| 630 | 0,2665 | -0,0218 | 0,0186 | 772 | -3,6445 | 2,2763 | 0,7068 |
| 632 | -0,1158 | 0,1787 | 0,0296 | 778 | 0,0316 | 0,0332 | 0,0117 |

GRÁFICO 7 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 7, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

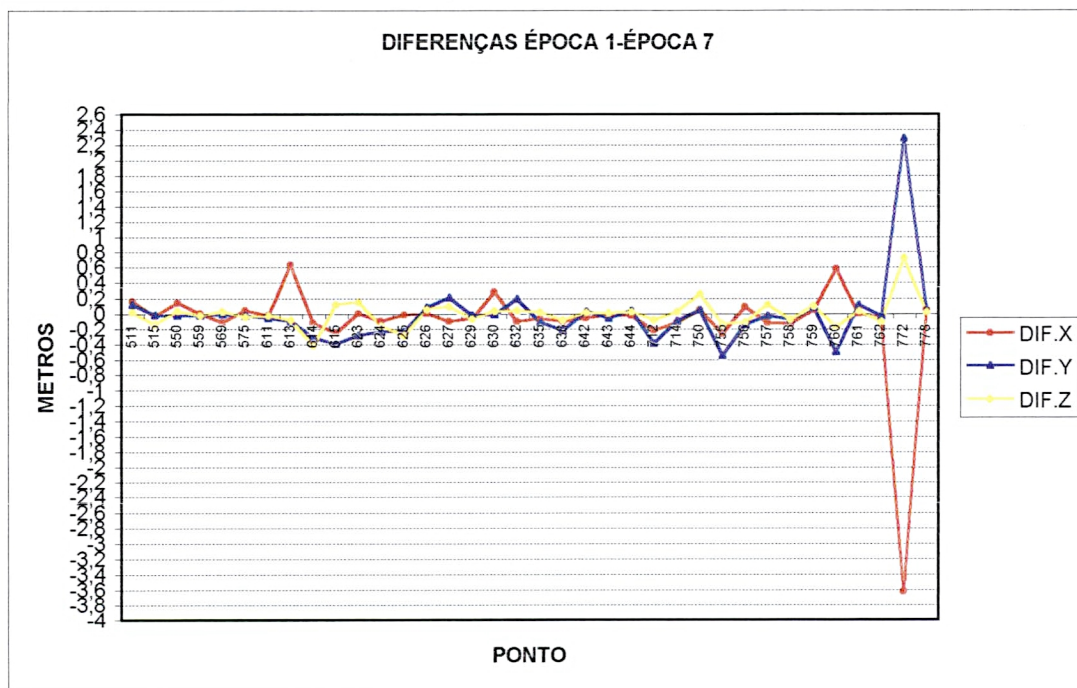


TABELA 17 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 8, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,1576 | 0,1452 | -0,0711 | 635 | -0,0993 | -0,095 | -0,0684 |
| 515 | -0,0614 | -0,0026 | -0,2461 | 638 | -0,1286 | -0,1994 | -0,1699 |
| 550 | 0,1326 | -0,0177 | -0,0473 | 642 | -0,1259 | 0,0628 | -0,0685 |
| 559 | -0,0338 | -0,0072 | -0,1115 | 643 | -0,0513 | -0,0454 | -0,0802 |
| 569 | -0,1595 | 0,0069 | -0,0627 | 644 | -0,0526 | 0,0569 | -0,0581 |
| 575 | 0,0224 | -0,012 | -0,1241 | 712 | -0,2458 | -0,3946 | -0,1914 |
| 611 | -0,0575 | -0,0477 | -0,1119 | 714 | -0,1459 | -0,0786 | -0,0614 |
| 613 | 0,6977 | -0,0915 | -0,1786 | 750 | 0,0388 | 0,0779 | 0,1977 |
| 614 | -0,165 | -0,331 | -0,5289 | 755 | -0,2788 | -0,5635 | -0,244 |
| 615 | -0,2901 | -0,3869 | 0,0427 | 756 | 0,0746 | -0,1481 | -0,2162 |
| 623 | -0,0254 | -0,2789 | 0,0701 | 757 | -0,1467 | -0,0033 | 0,0492 |
| 624 | -0,1358 | -0,2171 | -0,2629 | 758 | -0,175 | -0,0583 | -0,1994 |
| 625 | -0,0284 | -0,2223 | -0,3853 | 759 | 0,0309 | 0,1136 | 0,0322 |
| 626 | -0,0157 | 0,1377 | -0,0194 | 760 | 0,6404 | -0,5483 | -0,2722 |
| 627 | -0,1387 | 0,2496 | 0,0152 | 761 | -0,0246 | 0,1484 | -0,0448 |
| 629 | -0,0986 | 0,0019 | -0,1664 | 762 | -0,0974 | -0,0081 | -0,2021 |
| 630 | 0,2904 | -0,0016 | -0,0543 | 772 | -3,7664 | 2,372 | 0,6509 |
| 632 | -0,1387 | 0,2457 | -0,0388 | 778 | 0,0223 | 0,0656 | -0,0565 |

GRÁFICO 8 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 8, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

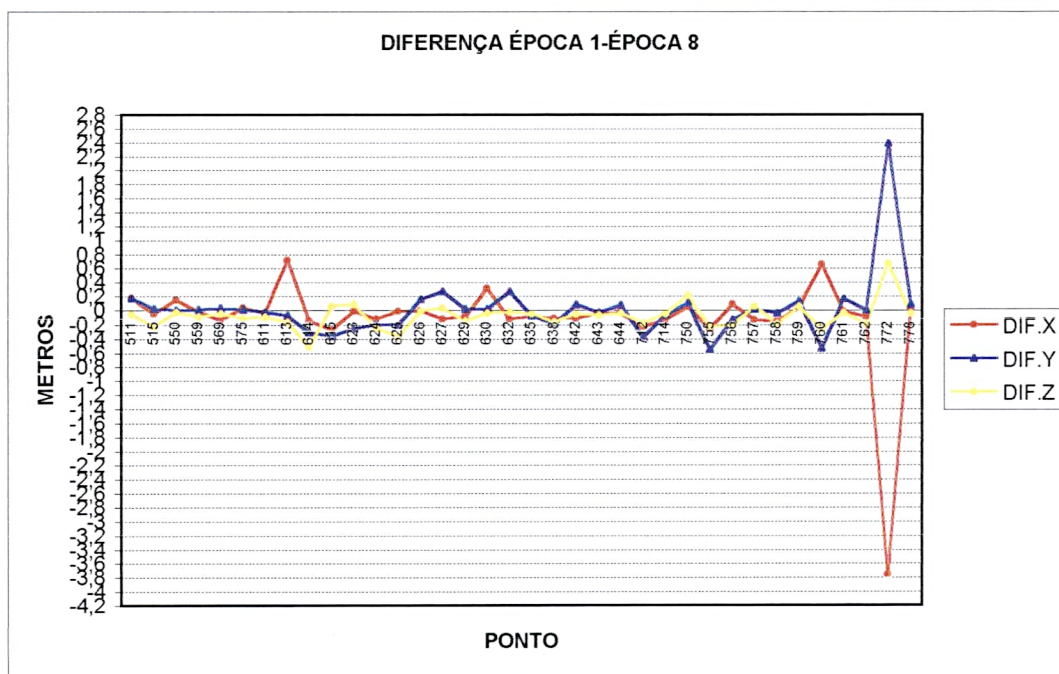


TABELA 18 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 9, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,226 | 0,1661 | -0,048 | 635 | -0,0604 | -0,0862 | -0,0452 |
| 515 | -0,0209 | 0,0074 | -0,2343 | 638 | -0,0903 | -0,1932 | -0,1504 |
| 550 | 0,1957 | -0,0127 | -0,0241 | 642 | -0,1459 | 0,0826 | -0,0437 |
| 559 | 0,0073 | -0,0011 | -0,0883 | 643 | -0,0112 | -0,0411 | -0,057 |
| 569 | -0,1327 | 0,0122 | -0,0385 | 644 | -0,0129 | 0,0666 | -0,0349 |
| 575 | 0,0705 | -0,0038 | -0,1051 | 712 | -0,2 | -0,4059 | -0,182 |
| 611 | -0,0181 | -0,0424 | -0,0909 | 714 | -0,1086 | -0,0718 | -0,0365 |
| 613 | 0,8358 | -0,0898 | -0,168 | 750 | 0,0874 | 0,0916 | 0,2492 |
| 614 | -0,127 | -0,3383 | -0,5228 | 755 | -0,2211 | -0,5867 | -0,2426 |
| 615 | -0,2568 | -0,3826 | 0,0755 | 756 | 0,1299 | -0,1638 | -0,2113 |
| 623 | 0,0174 | -0,2806 | 0,1078 | 757 | -0,1088 | 0,0079 | 0,09 |
| 624 | -0,1014 | -0,2092 | -0,2619 | 758 | -0,1374 | -0,0511 | -0,1762 |
| 625 | 0,0267 | -0,2202 | -0,3772 | 759 | 0,0807 | 0,1339 | 0,0647 |
| 626 | 0,0291 | 0,1612 | 0,0086 | 760 | 0,7712 | -0,6153 | -0,2677 |
| 627 | -0,1079 | 0,2914 | 0,0485 | 761 | 0,0189 | 0,172 | -0,0209 |
| 629 | -0,0604 | 0,0121 | -0,1481 | 762 | -0,0594 | 0,0012 | -0,1952 |
| 630 | 0,367 | -0,0064 | -0,038 | 772 | -3,7386 | 2,3771 | 0,6641 |
| 632 | -0,1064 | 0,2889 | -0,0131 | 778 | 0,0687 | 0,0748 | -0,0289 |

GRÁFICO 9 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 9, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

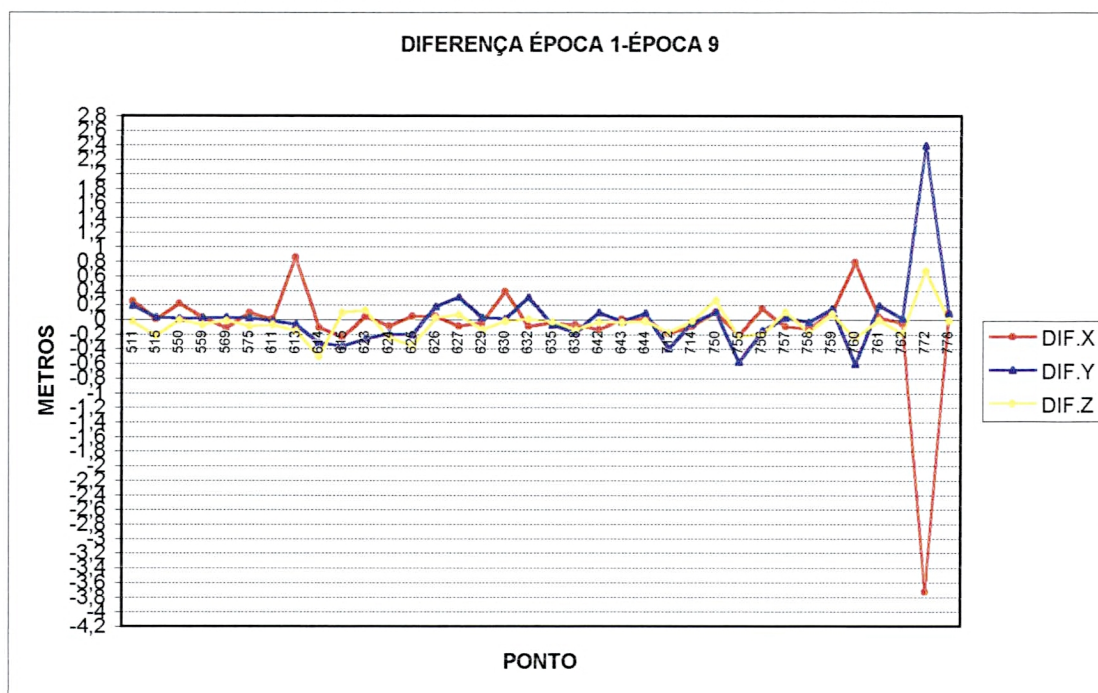


TABELA 19 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 10, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,2185 | 0,1774 | 0,0136 | 635 | -0,0965 | -0,0864 | 0,0163 |
| 515 | -0,056 | 0,008 | -0,1819 | 638 | -0,128 | -0,1967 | -0,0943 |
| 550 | 0,1802 | -0,0115 | 0,0374 | 642 | -0,2566 | 0,0952 | 0,0199 |
| 559 | -0,029 | -0,0009 | -0,0308 | 643 | -0,0478 | -0,0454 | 0,0046 |
| 569 | -0,1853 | 0,0066 | 0,0245 | 644 | -0,0492 | 0,0667 | 0,0287 |
| 575 | 0,0426 | -0,002 | -0,0436 | 712 | -0,2313 | -0,435 | -0,1397 |
| 611 | -0,0546 | -0,0456 | -0,0293 | 714 | -0,1459 | -0,0758 | 0,03 |
| 613 | 0,9225 | -0,1004 | -0,1221 | 750 | 0,0619 | 0,0914 | 0,3644 |
| 614 | -0,1686 | -0,3656 | -0,4948 | 755 | -0,2319 | -0,6249 | -0,2083 |
| 615 | -0,3037 | -0,3929 | 0,1414 | 756 | 0,1132 | -0,1956 | -0,1726 |
| 623 | -0,0164 | -0,2992 | 0,1814 | 757 | -0,1504 | 0,0078 | 0,1713 |
| 624 | -0,1432 | -0,2126 | -0,2198 | 758 | -0,1783 | -0,051 | -0,1433 |
| 625 | 0,0105 | -0,2297 | -0,331 | 759 | 0,0583 | 0,1462 | 0,142 |
| 626 | 0,0006 | 0,1818 | 0,0783 | 760 | 0,849 | -0,7111 | -0,2282 |
| 627 | -0,1638 | 0,3065 | 0,1222 | 761 | -0,0119 | 0,1888 | 0,0469 |
| 629 | -0,0992 | 0,0104 | -0,0949 | 762 | -0,0991 | -0,0005 | -0,15 |
| 630 | 0,3821 | -0,0203 | 0,0246 | 772 | -3,8013 | 2,3554 | 0,7195 |
| 632 | -0,1572 | 0,3177 | 0,0553 | 778 | 0,0357 | 0,0729 | 0,0318 |

GRÁFICO 10 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 10, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

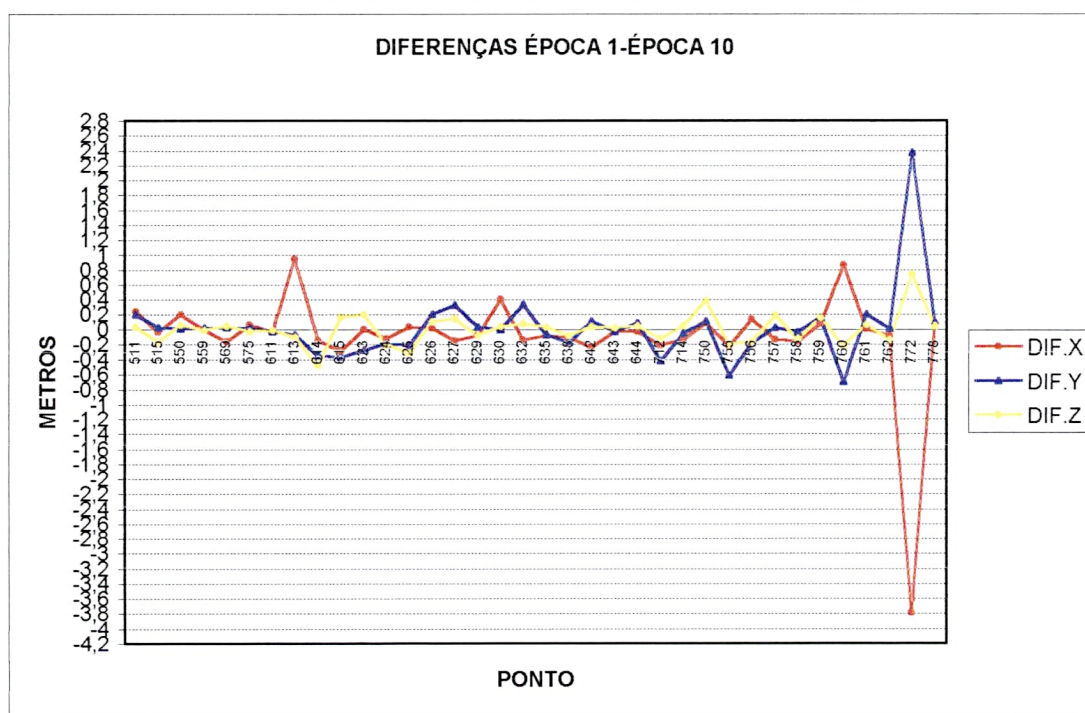


TABELA 20 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 11, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,2778 | 0,1818 | 0,0083 | 635 | -0,0732 | -0,1027 | 0,0148 |
| 515 | -0,0302 | -0,0072 | -0,2024 | 638 | -0,1047 | -0,2139 | -0,0995 |
| 550 | 0,2316 | -0,0249 | 0,0365 | 642 | -0,292 | 0,0926 | 0,0164 |
| 559 | -0,0036 | -0,0173 | -0,0359 | 643 | -0,024 | -0,0602 | -0,0005 |
| 569 | -0,174 | -0,0105 | 0,0204 | 644 | -0,0254 | 0,0572 | 0,0268 |
| 575 | 0,0771 | -0,0157 | -0,0487 | 712 | -0,2052 | -0,4741 | -0,1557 |
| 611 | -0,0314 | -0,0659 | -0,0388 | 714 | -0,1214 | -0,0891 | 0,0292 |
| 613 | 1,0451 | -0,122 | -0,1399 | 750 | 0,0972 | 0,0841 | 0,3876 |
| 614 | -0,148 | -0,3927 | -0,5268 | 755 | -0,1871 | -0,668 | -0,2353 |
| 615 | -0,2863 | -0,4097 | 0,1367 | 756 | 0,1562 | -0,2318 | -0,196 |
| 623 | 0,0094 | -0,316 | 0,1852 | 757 | -0,1287 | -0,0037 | 0,1818 |
| 624 | -0,1237 | -0,2312 | -0,2448 | 758 | -0,1556 | -0,064 | -0,158 |
| 625 | 0,0517 | -0,2504 | -0,3438 | 759 | 0,0929 | 0,144 | 0,1481 |
| 626 | 0,0307 | 0,181 | 0,0855 | 760 | 0,9643 | -0,8003 | -0,2529 |
| 627 | -0,156 | 0,3062 | 0,1231 | 761 | 0,0166 | 0,1897 | 0,045 |
| 629 | -0,0775 | -0,0021 | -0,1082 | 762 | -0,077 | -0,0145 | -0,1756 |
| 630 | 0,4459 | -0,0472 | 0,0217 | 772 | -3,786 | 2,3393 | 0,7124 |
| 632 | -0,1451 | 0,3278 | 0,0527 | 778 | 0,0655 | 0,0584 | 0,0274 |

GRÁFICO 11 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 11, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996

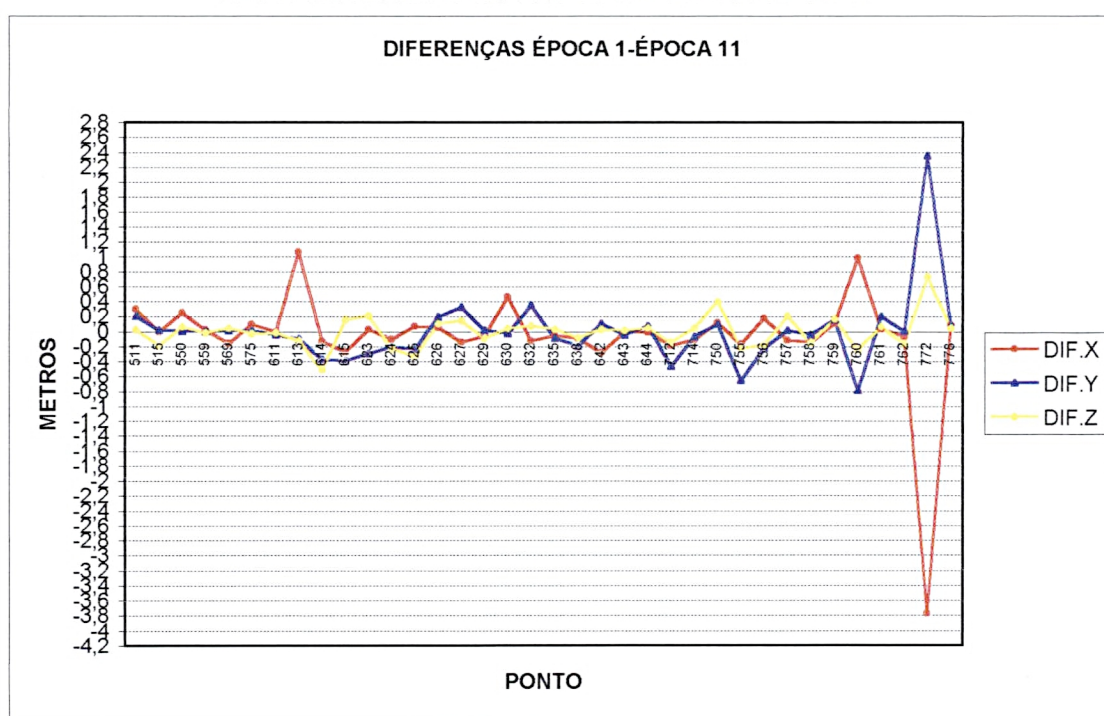
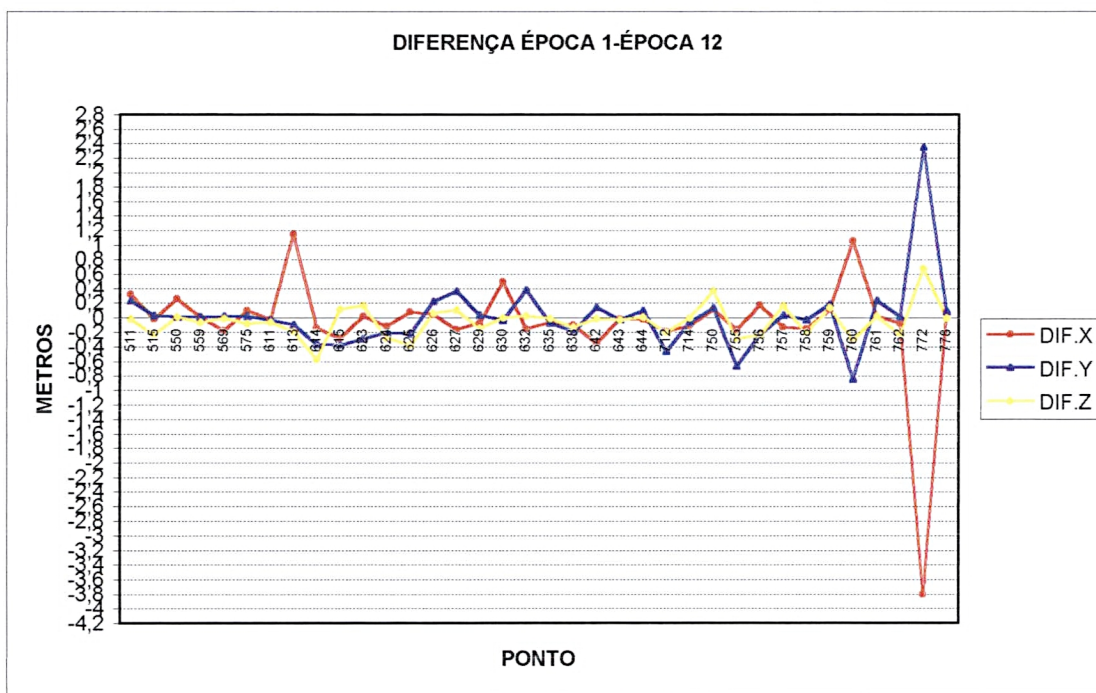


TABELA 21 - DIFERENÇAS ENTRE AS COMPONENTES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO DA ÉPOCA 12, REFERIDAS À ÉPOCA 1

| PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z | PTO | DIF.X | DIF.Y | DIF.Z |
|-----|---------|---------|---------|-----|---------|---------|---------|
| 511 | 0,2952 | 0,2092 | -0,0343 | 635 | -0,085 | -0,0901 | -0,0292 |
| 515 | -0,0387 | 0,0089 | -0,2545 | 638 | -0,1166 | -0,2013 | -0,1463 |
| 550 | 0,2399 | -0,008 | -0,0103 | 642 | -0,3621 | 0,1191 | -0,0288 |
| 559 | -0,0121 | -0,0063 | -0,0827 | 643 | -0,0346 | -0,0491 | -0,0473 |
| 569 | -0,1979 | 0,0003 | -0,0253 | 644 | -0,0357 | 0,0736 | -0,0147 |
| 575 | 0,0743 | 0,0023 | -0,0955 | 712 | -0,208 | -0,4775 | -0,2172 |
| 611 | -0,0424 | -0,055 | -0,0856 | 714 | -0,1282 | -0,0774 | -0,0153 |
| 613 | 1,1322 | -0,1164 | -0,2028 | 750 | 0,0956 | 0,1088 | 0,35 |
| 614 | -0,1601 | -0,3789 | -0,5947 | 755 | -0,1779 | -0,6837 | -0,3039 |
| 615 | -0,3042 | -0,3993 | 0,0914 | 756 | 0,1611 | -0,2419 | -0,261 |
| 623 | 0,0007 | -0,308 | 0,1464 | 757 | -0,1436 | 0,0116 | 0,1508 |
| 624 | -0,1378 | -0,2229 | -0,3005 | 758 | -0,1692 | -0,0502 | -0,2143 |
| 625 | 0,0576 | -0,2438 | -0,399 | 759 | 0,0938 | 0,1686 | 0,1228 |
| 626 | 0,022 | 0,2015 | 0,042 | 760 | 1,0445 | -0,8616 | -0,3191 |
| 627 | -0,1807 | 0,3398 | 0,0849 | 761 | 0,0103 | 0,2185 | 0,0034 |
| 629 | -0,0904 | 0,0123 | -0,1599 | 762 | -0,0904 | 0 | -0,2386 |
| 630 | 0,4712 | -0,0518 | -0,0227 | 772 | -3,8193 | 2,3345 | 0,6637 |
| 632 | -0,1687 | 0,3643 | 0,0085 | 778 | 0,0593 | 0,0718 | -0,0166 |

GRÁFICO 12 - VARIAÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COMPONENTES DA ÉPOCA 12, REFERIDAS À ÉPOCA 1 AO LONGO DO ANO 1996



6.3 INTERPRETAÇÃO DOS DESLOCAMENTOS

Para ter uma idéia do significado dos deslocamentos dentro das metodologias existentes para minas a céu aberto, considera-se oportuno mencionar os critérios propostos por Broadbent & Zavodny (1981), segundo a proposta de Feltus (1993), citado em relatório técnico de Codelco-Chile, e que considera diferentes condições do talude, segundo a sua variação com o tempo como mostra a figura 8:

CONDIÇÃO INATIVA, caracterizada porque os deslocamentos não aumentam com o tempo. Isto significa que a condição de estabilidade do talude permanece sem mudanças.

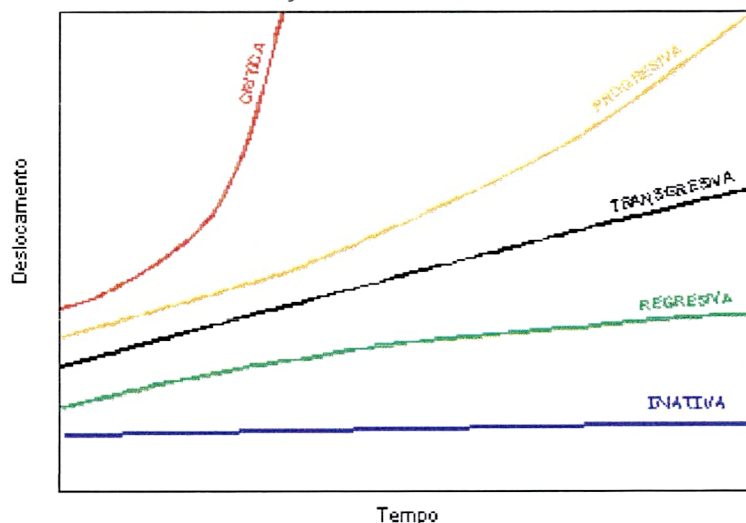
CONDIÇÃO REGRESSIVA, caracterizada porque os deslocamentos aumentam cada vez menos com o tempo, tendendo assintoticamente a um valor final. Isto significa que a condição do talude evolui para uma condição provavelmente inativa.

CONDIÇÃO TRANSGRESSIVA, caracterizada porque os deslocamentos aumentam em forma mais o menos linear com o tempo. Isto significa que a condição do talude evolui para uma condição não necessariamente estável.

CONDIÇÃO PROGRESSIVA, caracterizada porque os deslocamentos aumentam com o tempo em forma mais que linear com o tempo. Isto significa que a condição do talude evolui para uma condição instável.

CONDIÇÃO CRÍTICA, caracterizada porque os deslocamentos aumentam com o tempo em forma muito mais que linear com o tempo. Isto significa que a condição do talude evolui para uma condição instável.

FIGURA 8 – CONDIÇÕES DO TALUDE SEGUNDO SUA VARIAÇÃO COM O TEMPO



FONTE: CODELCO-CHILE.DIVISIÓN CHUQUICAMATA

- A evolução da condição de estabilidade de um talude pode ser avaliada mediante o registro da evolução de seus deslocamentos com o tempo.
- Quando a taxa de deslocamento atinge 1.0 cm/dia considera-se que o talude poderia estar atingindo uma condição progressiva, por isso deverá avaliar-se cuidadosamente se os registros correspondem a uma condição local (e.g. só desloca-se um prisma devido a uma instabilidade potencial de um bloco) ou se representam o comportamento global do talude no setor avaliado.
- Se, conclui-se que o comportamento global do talude estaria aproximando-se a uma condição de deslocamento progressivo, deve-se aumentar a frequência dos registros de deslocamentos, assim como das inspeções de campo. Em conformidade com o observado em campo deveria-se definir a eventual necessidade de instrumentar algumas áreas do setor instável com limnígrafos e/ou extensômetros de superfície outros instrumentos geotécnicos.
- Quando as taxas de deslocamentos ultrapassam 2.0 cm/dia deveria-se considerar que o talude poderia estar evoluindo para uma condição crítica, pelo que deveriam providenciar a melhor estratégia para descarregar a zona potencialmente instável.
- Quando as taxas de deslocamentos ultrapassam 20.0 cm/dia deveria-se considerar que o talude está em uma condição notavelmente crítica e deveria-se fechar a área localizada ao pé da zona instável.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O principal problema no ajustamento do ponto de controle APS, foi o dos erros sistemáticos que ficaram nas observações. Para tentar eliminar estes erros só corrigiu-se a distância horizontal pela curvatura e refração terrestres, e a parte angular não foi corrigida de nenhum efeito.

É importante citar por exemplo Niemeier et al. (1982), que descreve o problema da modelagem da distância horizontal no percurso do sinal do EDM sobre o *open pit*, não é fácil nem rápido de solucionar, já que deve-se fazer um estudo mais acabado das condições ambientais nas diferentes regiões pelas quais passa o sinal do distanciômetro.

Estes erros sistemáticos ficaram evidentes na etapa da pré-análise (ver seção 3), onde os testes aplicados detectaram erros desta natureza nas observações. É conveniente destacar que o sistema APS têm sido concebido como um sistema topográfico não fornecendo as precisões que poderia fornecer um sistema geodésico.

No modelo 1 apresentado na seção 4.6.1 fica evidente a influência dos erros sistemáticos no processo de ajustamento; produzindo a rejeição do teste global, e também do data-snooping que rejeitou uma quantidade importante das observações.

Ferramenta de muita utilidade também na detecção de erros grosseiros, foi o conceito da confiabilidade interna, que confirmou as rejeições do teste de data-snooping.

A explicação mais provável para esta situação, é que devido ao fato do modelo não ser linear, gerou uma matriz A onde os erros permaneceram e posteriormente se propagaram na etapa do ajustamento.

Diferente foi o caso do modelo 2 (ver seção 4.6.2) onde a matriz A não foi influenciada pelos erros das observações. Neste modelo o teste global foi aprovado em oito épocas e no data-snooping quando houve rejeição, esta ocorreu na componente Z. Isto demonstra a importância de uma melhor modelagem na parte vertical, sobre tudo nos ângulos zenitais.

No anexo acham-se os resultados do ajustamento da estação de controle para todas as épocas consideradas para o ano 1996.

Para a estação de controle (APS), os testes aplicados nas diferenças entre duas épocas sendo a de referência a época 1, determinou que aquelas variações nas coordenadas não eram significativas a um nível de significância de 5%, podendo ser produzidas pela influência dos erros sistemáticos não modelados. Pode-se mencionar entre estes erros, a distorção do sinal do equipamento produzida pela poluição, fatores ambientais, refração do vidro da cabine de controle, além de possíveis problemas no sistema mecânico do equipamento. Diferente foi o caso dos pontos de observação cujas variações acusaram ser significativas; concluindo então, que houve deslocamento.

Pode-se observar nos gráficos de 2 a 10 da seção 6.2 onde as diferenças entre duas épocas foi comparada com os mesmos gráficos produzidos pelos resultados fornecidos pelo próprio sistema APS (ver anexo). As variações entre duas metodologias podem-se apreciar que é constante para cada época em todos os pontos; sendo a razão principal as distintas técnicas aplicadas no processo de ajuste da estação de controle.

Das análises dos gráficos e tabelas da seção 6.2, conclui-se que a zona 5 (pontos 511-575), é a mais estável, detectando-se deslocamentos máximos aproximadamente 0,20 m em todas as componentes (X, Y, Z), em alguns pontos isolados tais como 511 e 550; recomendando-se a instalação de pontos de observação adicionais para determinar a condição das regiões próximas a estes pontos. Na zona 6 pode-se concluir que os deslocamentos aumentam em magnitude, chegando até um máximo de 1,13 m na componente X, 0,40 m na componente Y e 0,60 m na componente Z, ao longo do ano. Igualmente acontece na zona 7 onde os deslocamentos máximos ao longo do ano, correspondem a 3,81 m na componente X, 2,33 m na componente Y e 0,66 m na componente Z. Estas duas últimas zonas segundo a descrição da seção 6.3 corresponderiam provavelmente a uma condição transgressiva, como pode-se observar também nos gráficos por ponto do apêndice 2.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN, F. (1981). **Zuverlässigkeit photogrammetrischer Blöcke.** Zeitschrift für Vermessungswesen, 106(8): 401-411.

ASHKENAZI, V., A.H. Dodson & S.A. Crane. (1980). **Monitoring deformations to millimeter accuracy. Proceedings of the Industrial and Engineering Survey Conference.** London. September 2-4.

BAARDA, W. (1968). **A testing procedure for use in geodetic networks.** Netherlands Geodesy Com. New Series 2, No. 5. Delft. Netherlands.

BERBERAN, A. (1992). **Outlier detection and heterogeneous observations a simulation case study,** Australian Journal of Geodesy photogrammetry and Surveying, No. 56: 49-61.

EL-HAKIM, S. F. (1981). **A practical study of gross error detection in bundle adjustment,** The Canadian Surveyor, 35(4): 373-386.

EVEN-TZUR, G. (1999). **Sensitivity design for monitoring deformation networks.** Bolletino di geodesia e scienze affini, (4): 313-324.

GEMAEL, C. (1994). **Introdução ao ajustamento de observações. Aplicações geodésicas,** Curitiba, Editora da UFPR.

KAVOURAS, M. (1982). **On the detection of outliers and the determination of reliability in geodetic networks.** Technical Report, (87). University of New Brunswick.

LEICA AG HEERBRUGG. (1995). **APS for Windows.** Versão 1.2

LEICK, A. (1995). **GPS Satellite Surveying**, 2nd Edition, New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.

MESQUITA MACHADO, J.A. (1996). **Controle de deslocamentos através de processos topográficos-Tecnologías recentes**. Cartografia e Cadastro, (5): 17-30.

MIKHAIL, E. M. (1976). **Observations and least squares**,

NIEMEIER W., TESKEY W.F., LYALL R.G. (1982). **Precision, reliability and sensitivity aspects of an open pit monitoring network**. Australia Journal of Geodesy, Photogrammetry and Surveying, (37): 1-27.

SHANGLONG, K. (1996). **Geodetic network analysis and optimal design. Concepts and Applications**, Michigan: Ann Arbor Press, Inc.

SILVA, A. S. (1997). **Optimisation of surveying monitoring networks**. University of Nottingham: Thesis for the degree of Doctor of Philosophy.

VIERA DE MORAES, C. (1998). **Análise de erros grosseiros e confiabilidade de redes geodésicas**. Cartografia e Cadastro, (8): 77-86.

9 APÊNDICES

APÊNDICE 1 - TABELAS E GRÁFICOS DAS VARIAÇÕES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO AO LONGO DO ANO 1996.

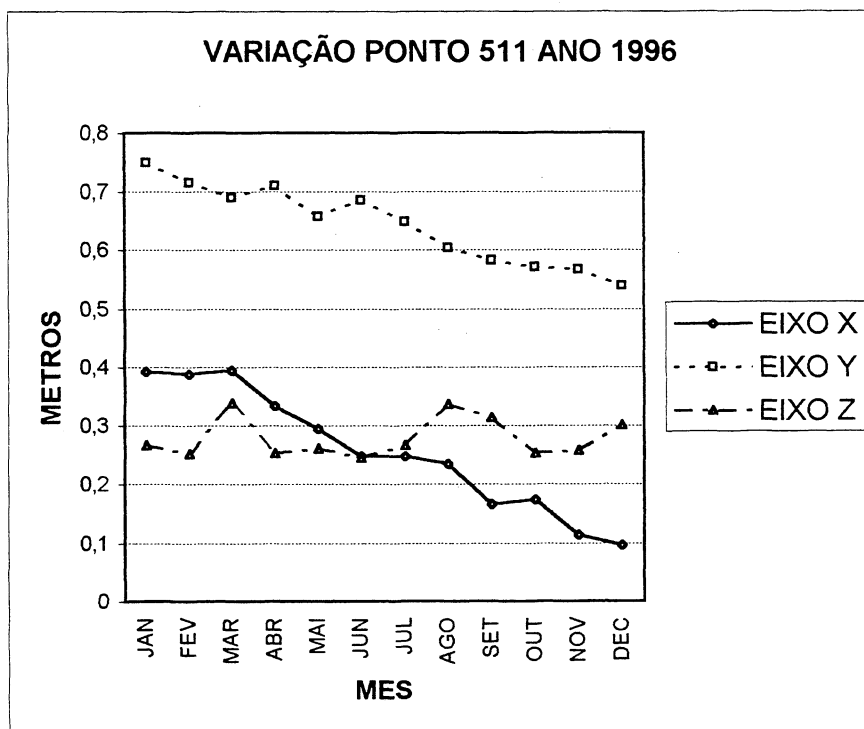
APÊNDICE 2 - TABELAS E GRÁFICOS DAS DIFERENÇAS ENTRE ÉPOCAS PRODUZIDAS PELOS DADOS DO SISTEMA APS.

APÊNDICE 3 – FOTOGRAFIAS DOS DESLOCAMENTOS NA MINA DE CHUQUICAMATA.

APÊNDICE 1 - TABELAS E GRAFICOS DAS VARIAÇÕES DOS PONTOS DE OBSERVAÇÃO AO LONGO DO ANO 1996.

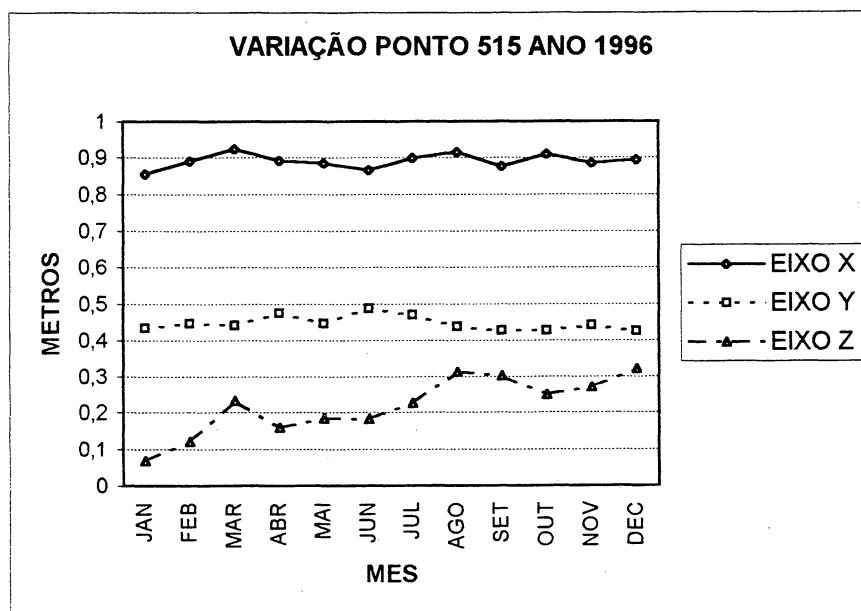
PONTO 511

| PTO | X-511 | Y-511 | Z-511 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4303,3918 | 5253,7487 | 3007,2663 |
| FEV | 4303,3874 | 5253,7148 | 3007,2518 |
| MAR | 4303,3943 | 5253,6899 | 3007,3391 |
| ABR | 4303,3336 | 5253,7094 | 3007,2533 |
| MAI | 4303,2944 | 5253,6572 | 3007,2610 |
| JUN | 4303,2475 | 5253,6849 | 3007,2449 |
| JUL | 4303,2470 | 5253,6484 | 3007,2664 |
| AGO | 4303,2342 | 5253,6035 | 3007,3374 |
| SET | 4303,1658 | 5253,5826 | 3007,3143 |
| OUT | 4303,1733 | 5253,5713 | 3007,2527 |
| NOV | 4303,1140 | 5253,5669 | 3007,2580 |
| DEC | 4303,0966 | 5253,5395 | 3007,3006 |



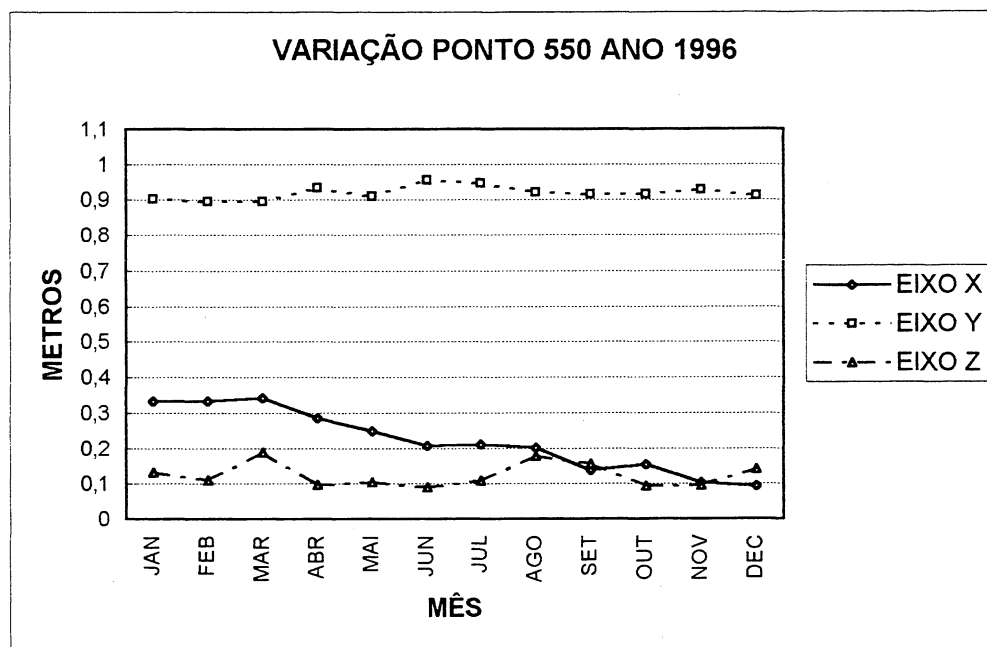
PONTO 515

| MÊS | X-515 | Y-515 | Z-515 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3636,854 | 4821,4341 | 2542,0670 |
| FEB | 3636,8891 | 4821,4453 | 2542,1207 |
| MAR | 3636,9242 | 4821,4409 | 2542,2327 |
| ABR | 3636,8912 | 4821,4739 | 2542,1598 |
| MAI | 3636,8838 | 4821,4457 | 2542,1852 |
| JUN | 3636,8646 | 4821,4858 | 2542,1821 |
| JUL | 3636,8995 | 4821,4687 | 2542,2263 |
| AGO | 3636,9154 | 4821,4367 | 2542,3131 |
| SET | 3636,8749 | 4821,4267 | 2542,3013 |
| OUT | 3636,910 | 4821,4261 | 2542,2489 |
| NOV | 3636,8842 | 4821,4413 | 2542,2694 |
| DEC | 3636,8927 | 4821,4252 | 2542,3215 |



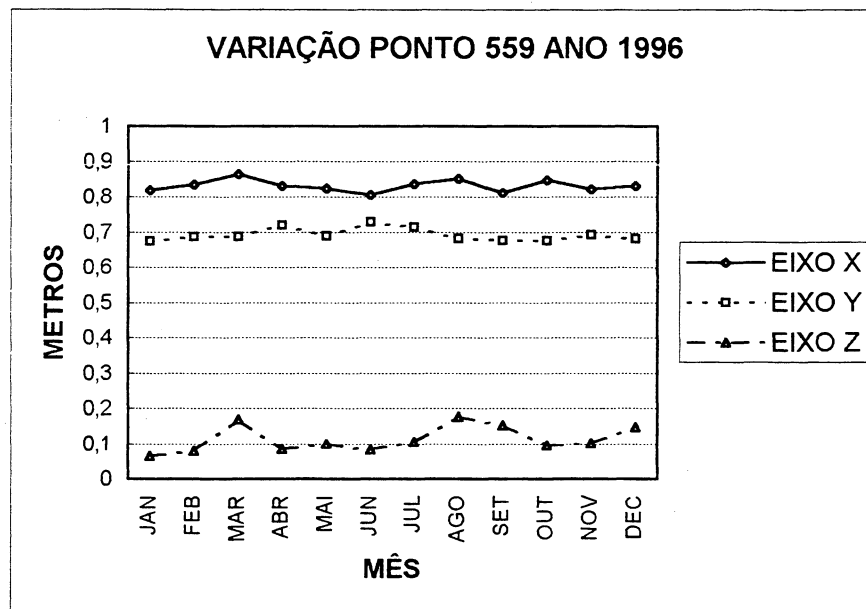
PONTO 550

| MÊS | X-550 | Y-550 | Z-550 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4306,3332 | 5392,9034 | 3006,1307 |
| FEB | 4306,3329 | 5392,8951 | 3006,1098 |
| MAR | 4306,3415 | 5392,8948 | 3006,1885 |
| ABR | 4306,2846 | 5392,9342 | 3006,0963 |
| MAI | 4306,2491 | 5392,9095 | 3006,1050 |
| JUN | 4306,2061 | 5392,9561 | 3006,0898 |
| JUL | 4306,2095 | 5392,9462 | 3006,1081 |
| AGO | 4306,2006 | 5392,9211 | 3006,1780 |
| SET | 4306,1375 | 5392,9161 | 3006,1548 |
| OUT | 4306,1530 | 5392,9149 | 3006,0933 |
| NOV | 4306,1016 | 5392,9283 | 3006,0942 |
| DEC | 4306,0933 | 5392,9114 | 3006,1410 |



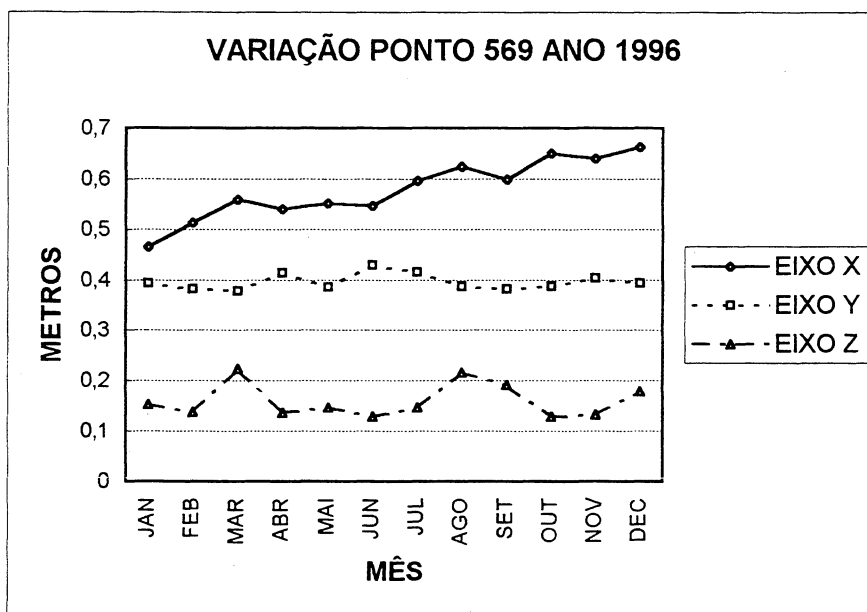
PONTO 559

| MÊS | X-559 | Y-559 | Z-559 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4190,8182 | 5324,6738 | 2920,0642 |
| FEB | 4190,8352 | 5324,6864 | 2920,0781 |
| MAR | 4190,8651 | 5324,6856 | 2920,1695 |
| ABR | 4190,8314 | 5324,7188 | 2920,0837 |
| MAI | 4190,8245 | 5324,6878 | 2920,0985 |
| JUN | 4190,8046 | 5324,7292 | 2920,0834 |
| JUL | 4190,8366 | 5324,714 | 2920,1048 |
| AGO | 4190,8520 | 5324,6810 | 2920,1757 |
| SET | 4190,8109 | 5324,6749 | 2920,1525 |
| OUT | 4190,8472 | 5324,6747 | 2920,0950 |
| NOV | 4190,8218 | 5324,6911 | 2920,1001 |
| DEC | 4190,8303 | 5324,6801 | 2920,1469 |



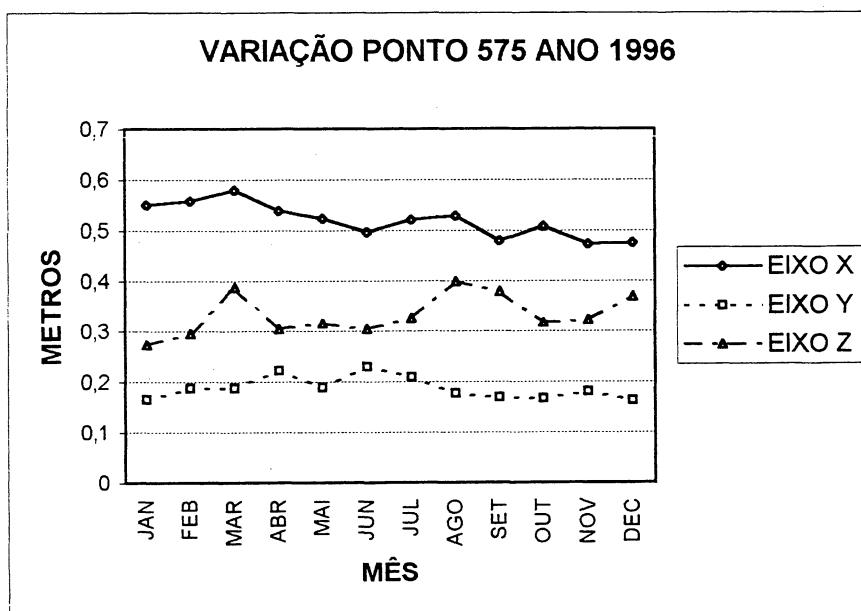
PONTO 569

| MÊS | X-569 | Y-569 | Z-569 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4139,4652 | 5121,3933 | 2823,1533 |
| FEB | 4139,5119 | 5121,3809 | 2823,1374 |
| MAR | 4139,5584 | 5121,3776 | 2823,2235 |
| ABR | 4139,5391 | 5121,4138 | 2823,1367 |
| MAI | 4139,5509 | 5121,3852 | 2823,1461 |
| JUN | 4139,5454 | 5121,4286 | 2823,1289 |
| JUL | 4139,5960 | 5121,4146 | 2823,1461 |
| AGO | 4139,6247 | 5121,3864 | 2823,2160 |
| SET | 4139,5979 | 5121,3811 | 2823,1917 |
| OUT | 4139,6505 | 5121,3867 | 2823,1288 |
| NOV | 4139,6392 | 5121,4038 | 2823,1329 |
| DEC | 4139,6631 | 5121,3930 | 2823,1786 |



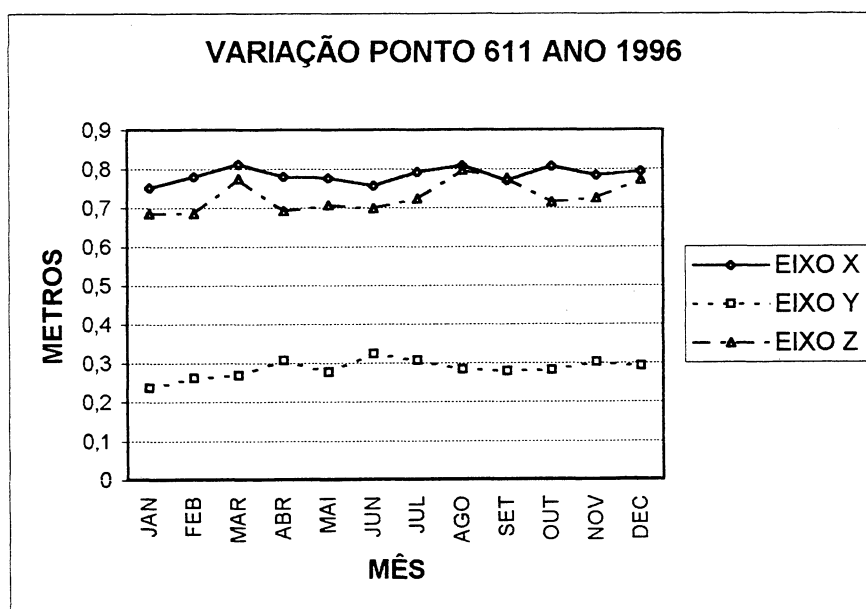
PONTO 575

| MÊS | X-575 | Y-575 | Z-575 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4359,5499 | 5113,1651 | 3006,2735 |
| FEB | 4359,5568 | 5113,1880 | 3006,2956 |
| MAR | 4359,5797 | 5113,1876 | 3006,3871 |
| ABR | 4359,5387 | 5113,2220 | 3006,3044 |
| MAI | 4359,5226 | 5113,1894 | 3006,3163 |
| JUN | 4359,4959 | 5113,2299 | 3006,3042 |
| JUL | 4359,5201 | 5113,2092 | 3006,3267 |
| AGO | 4359,5275 | 5113,1771 | 3006,3976 |
| SET | 4359,4794 | 5113,1689 | 3006,3786 |
| OUT | 4359,5073 | 5113,1671 | 3006,3171 |
| NOV | 4359,4728 | 5113,1808 | 3006,3222 |
| DEC | 4359,4756 | 5113,1628 | 3006,3690 |



PONTO 611

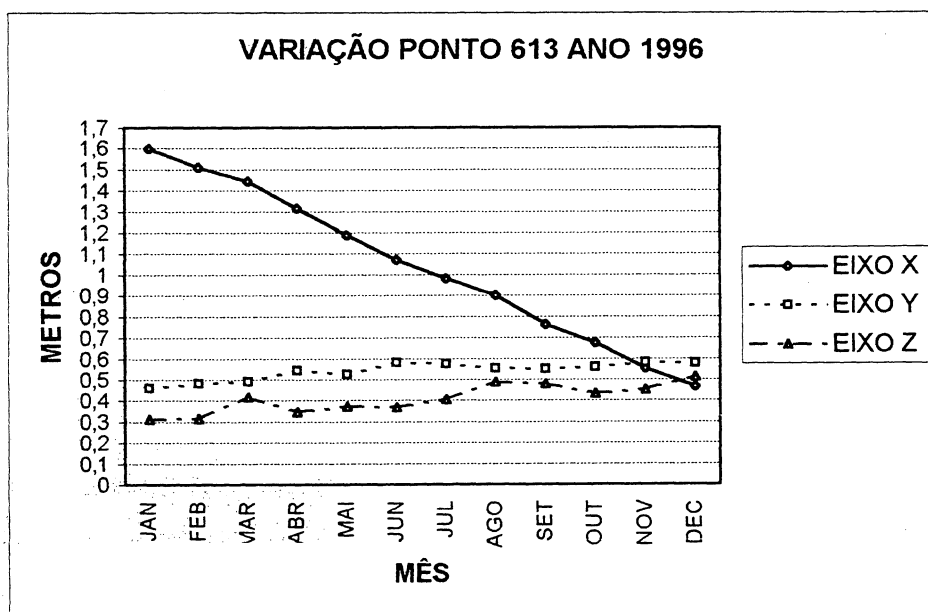
| MÊS | X-611 | Y-611 | Z-611 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4588,7515 | 4129,2362 | 2946,6855 |
| FEB | 4588,7793 | 4129,2611 | 2946,6852 |
| MAR | 4588,8124 | 4129,2676 | 2946,7757 |
| ABR | 4588,7804 | 4129,3070 | 2946,6910 |
| MAI | 4588,7760 | 4129,2773 | 2946,7072 |
| JUN | 4588,7573 | 4129,3239 | 2946,6975 |
| JUL | 4588,7921 | 4129,3067 | 2946,7233 |
| AGO | 4588,8090 | 4129,2839 | 2946,7974 |
| SET | 4588,7696 | 4129,2786 | 2946,7764 |
| OUT | 4588,8061 | 4129,2818 | 2946,7148 |
| NOV | 4588,7829 | 4129,3021 | 2946,7243 |
| DEC | 4588,7939 | 4129,2912 | 2946,7711 |



CONTINUA

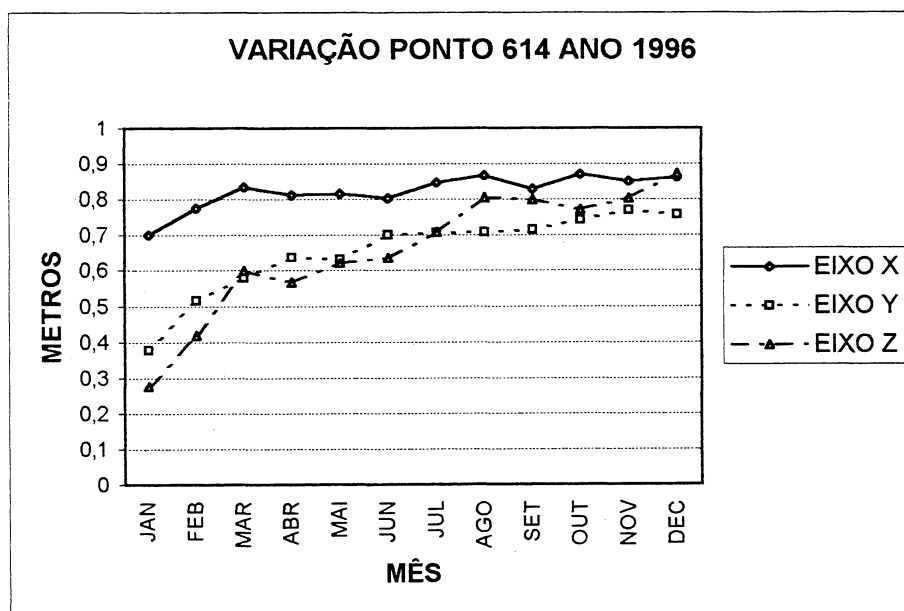
PONTO 613

| MÊS | X-613 | Y-613 | Z-613 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4092,5972 | 4131,9594 | 2724,8101 |
| FEB | 4092,5075 | 4131,9826 | 2724,8148 |
| MAR | 4092,4434 | 4131,9908 | 2724,9173 |
| ABR | 4092,3136 | 4132,0421 | 2724,8441 |
| MAI | 4092,1865 | 4132,0258 | 2724,8706 |
| JUN | 4092,0703 | 4132,0790 | 2724,8680 |
| JUL | 4091,9820 | 4132,0738 | 2724,9052 |
| AGO | 4091,8995 | 4132,0509 | 2724,9887 |
| SET | 4091,7614 | 4132,0492 | 2724,9781 |
| OUT | 4091,6747 | 4132,0598 | 2724,9322 |
| NOV | 4091,5521 | 4132,0814 | 2724,9500 |
| DEC | 4091,4650 | 4132,0758 | 2725,0129 |



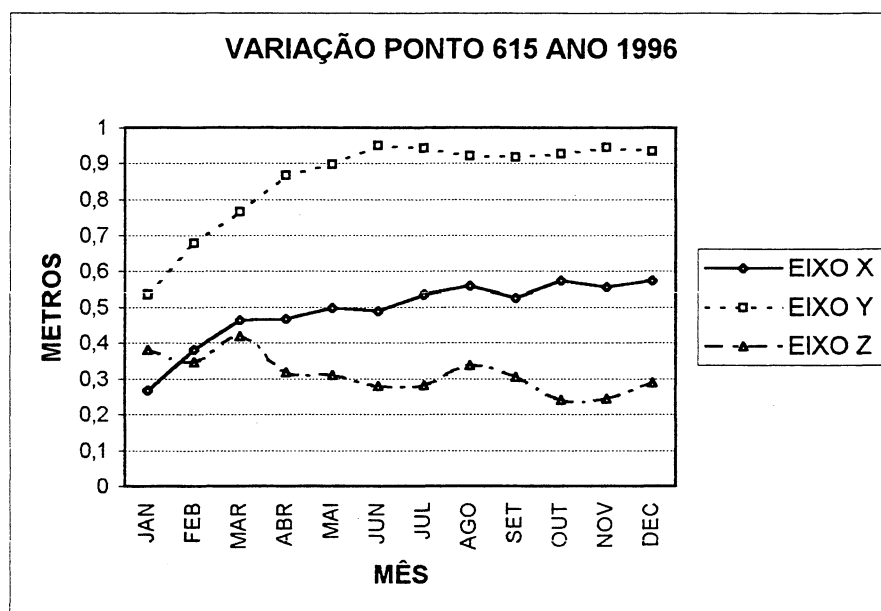
PONTO 614

| MÊS | X-614 | Y-614 | Z-614 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3873,7010 | 4128,3770 | 2543,2758 |
| FEB | 3873,7755 | 4128,5153 | 2543,4174 |
| MAR | 3873,8328 | 4128,5789 | 2543,5997 |
| ABR | 3873,8110 | 4128,6376 | 2543,5659 |
| MAI | 3873,8142 | 4128,6313 | 2543,6208 |
| JUN | 3873,8017 | 4128,7008 | 2543,6357 |
| JUL | 3873,8450 | 4128,7068 | 2543,7069 |
| AGO | 3873,8660 | 4128,7080 | 2543,8047 |
| SET | 3873,8280 | 4128,7153 | 2543,7986 |
| OUT | 3873,8696 | 4128,7426 | 2543,7706 |
| NOV | 3873,8490 | 4128,7697 | 2543,8026 |
| DEC | 3873,8611 | 4128,7559 | 2543,8705 |



PONTO 615

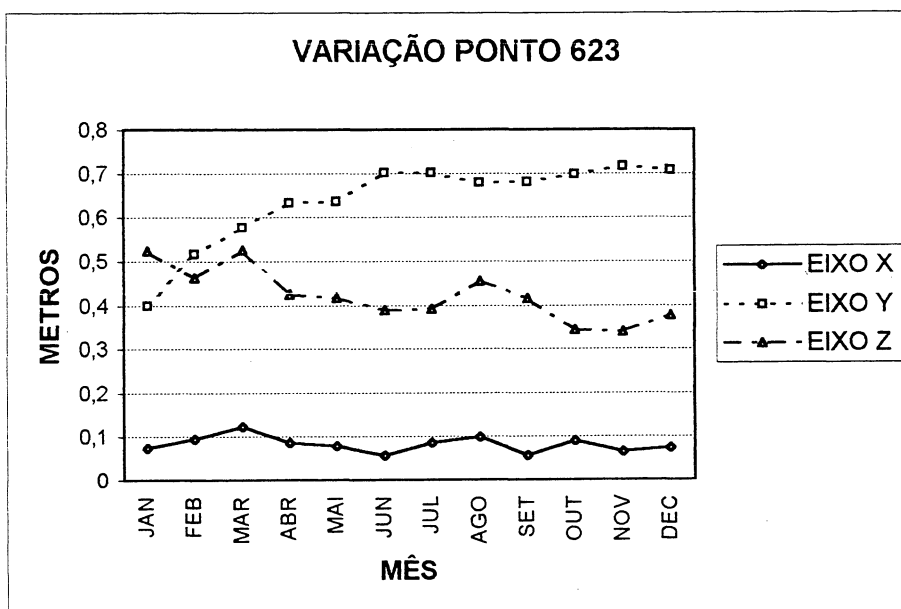
| MÊS | X-615 | Y-615 | Z-615 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3914,7679 | 3275,5339 | 2748,3809 |
| FEB | 3914,8813 | 3275,6791 | 2748,3474 |
| MAR | 3914,9633 | 3275,7652 | 2748,4195 |
| ABR | 3914,9681 | 3275,8670 | 2748,3185 |
| MAI | 3914,9983 | 3275,8968 | 2748,3103 |
| JUN | 3914,9893 | 3275,9487 | 2748,2800 |
| JUL | 3915,0337 | 3275,9421 | 2748,2824 |
| AGO | 3915,0580 | 3275,9208 | 2748,3382 |
| SET | 3915,0247 | 3275,9165 | 2748,3054 |
| OUT | 3915,0716 | 3275,9268 | 2748,2395 |
| NOV | 3915,0542 | 3275,9436 | 2748,2442 |
| DEC | 3915,0721 | 3275,9332 | 2748,2895 |



CONTINUA

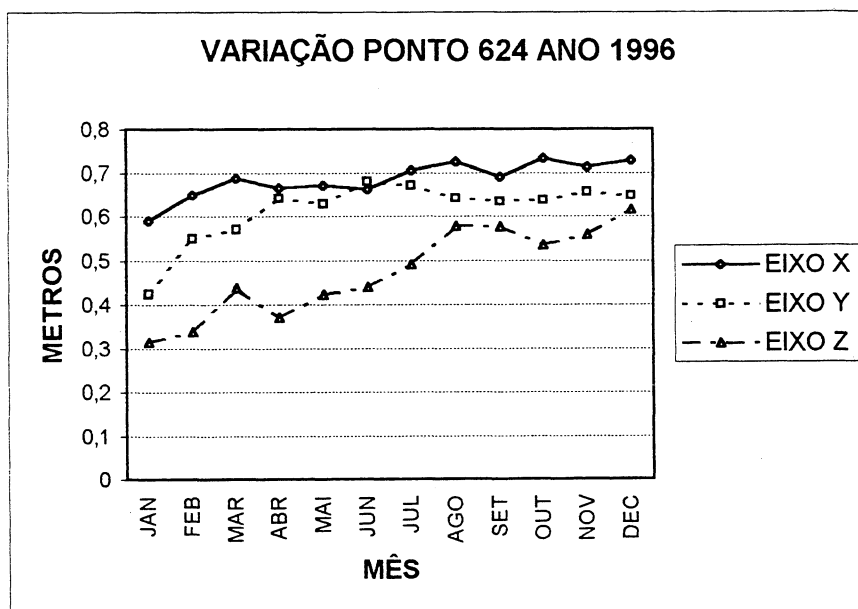
PONTO 623

| MÊS | X-623 | Y-623 | Z-623 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3873,0743 | 4269,8993 | 2545,0238 |
| FEB | 3873,0946 | 4270,0167 | 2544,9618 |
| MAR | 3873,1228 | 4270,0769 | 2545,0250 |
| ABR | 3873,0863 | 4270,1322 | 2544,9250 |
| MAI | 3873,0778 | 4270,1362 | 2544,9164 |
| JUN | 3873,0569 | 4270,2002 | 2544,8884 |
| JUL | 3873,0861 | 4270,2003 | 2544,8924 |
| AGO | 3873,0997 | 4270,1782 | 2544,9537 |
| SET | 3873,0569 | 4270,1799 | 2544,9160 |
| OUT | 3873,0907 | 4270,1985 | 2544,8424 |
| NOV | 3873,0649 | 4270,2153 | 2544,8386 |
| DEC | 3873,0736 | 4270,2073 | 2544,8774 |



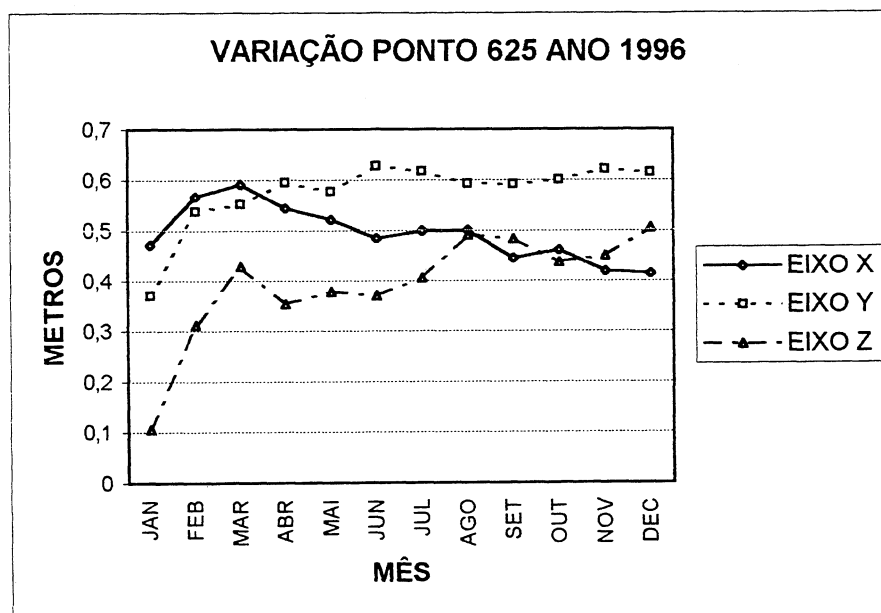
PONTO 624

| MÊS | X-624 | Y-624 | Z-624 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3869,5893 | 4001,4244 | 2545,3143 |
| FEB | 3869,6484 | 4001,5501 | 2545,3375 |
| MAR | 3869,6879 | 4001,5703 | 2545,4364 |
| ABR | 3869,6651 | 4001,6420 | 2545,3704 |
| MAI | 3869,6715 | 4001,6278 | 2545,4223 |
| JUN | 3869,6622 | 4001,6804 | 2545,4391 |
| JUL | 3869,7051 | 4001,6705 | 2545,4899 |
| AGO | 3869,7251 | 4001,6415 | 2545,5772 |
| SET | 3869,6907 | 4001,6336 | 2545,5762 |
| OUT | 3869,7325 | 4001,6370 | 2545,5341 |
| NOV | 3869,7130 | 4001,6556 | 2545,5591 |
| DEC | 3869,7271 | 4001,6473 | 2545,6148 |



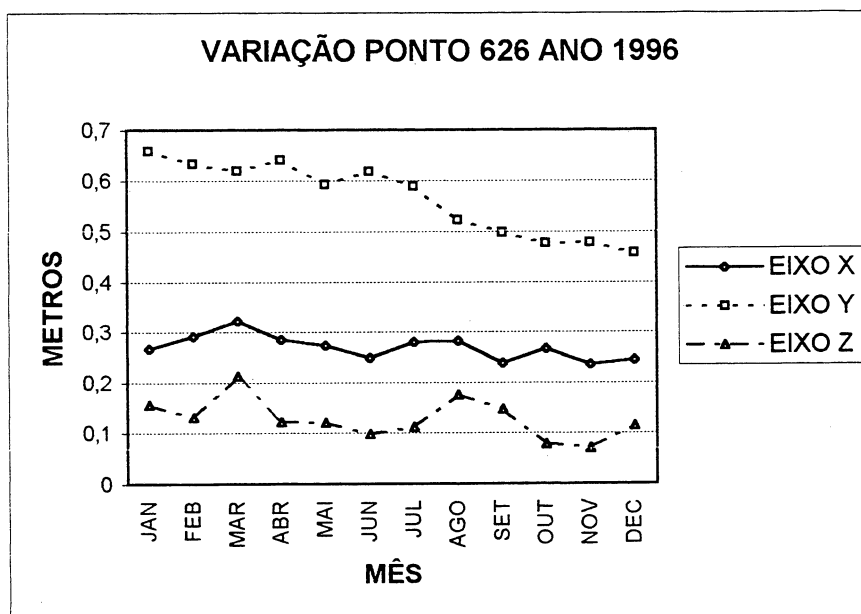
PONTO 625

| MÊS | X-625 | Y-625 | Z-625 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3863,4710 | 3854,3702 | 2543,6059 |
| FEB | 3863,5665 | 3854,5365 | 2543,8126 |
| MAR | 3863,5905 | 3854,5510 | 2543,9272 |
| ABR | 3863,5430 | 3854,5946 | 2543,8532 |
| MAI | 3863,5196 | 3854,5773 | 2543,8777 |
| JUN | 3863,4846 | 3854,6266 | 2543,8693 |
| JUL | 3863,4987 | 3854,6159 | 2543,9052 |
| AGO | 3863,4994 | 3854,5925 | 2543,9912 |
| SET | 3863,4443 | 3854,5904 | 2543,9831 |
| OUT | 3863,4605 | 3854,5999 | 2543,9369 |
| NOV | 3863,4193 | 3854,6206 | 2543,9497 |
| DEC | 3863,4134 | 3854,6140 | 2544,0049 |

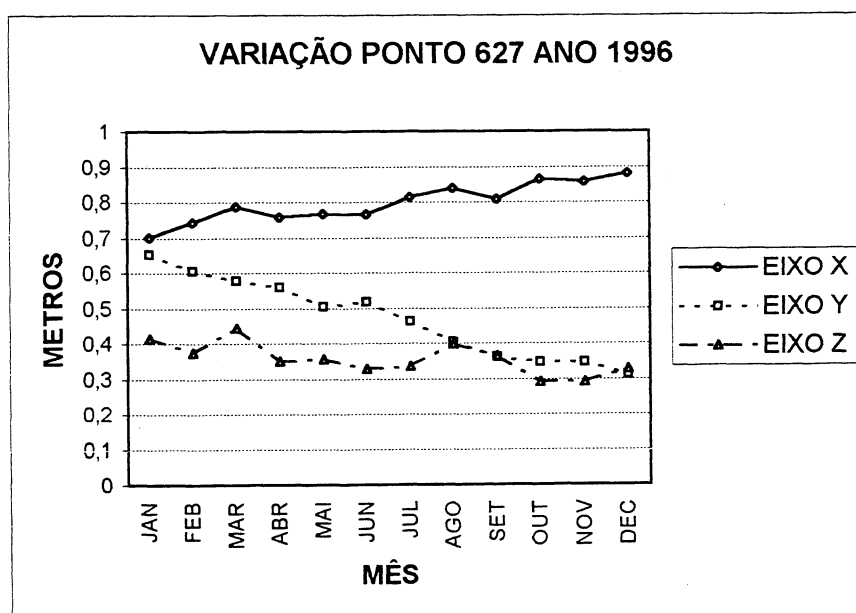


PONTO 626

| MÊS | X-626 | Y-626 | Z-626 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3818,2675 | 3719,6589 | 2544,1565 |
| FEB | 3818,2921 | 3719,6326 | 2544,1308 |
| MAR | 3818,3226 | 3719,6189 | 2544,2132 |
| ABR | 3818,2853 | 3719,6412 | 2544,1219 |
| MAI | 3818,2738 | 3719,5922 | 2544,1213 |
| JUN | 3818,2492 | 3719,6177 | 2544,0981 |
| JUL | 3818,2794 | 3719,5877 | 2544,1121 |
| AGO | 3818,2832 | 3719,5212 | 2544,1759 |
| SET | 3818,2384 | 3719,4977 | 2544,1479 |
| OUT | 3818,2669 | 3719,4771 | 2544,0782 |
| NOV | 3818,2368 | 3719,4779 | 2544,0710 |
| DEC | 3818,2455 | 3719,4574 | 2544,1145 |



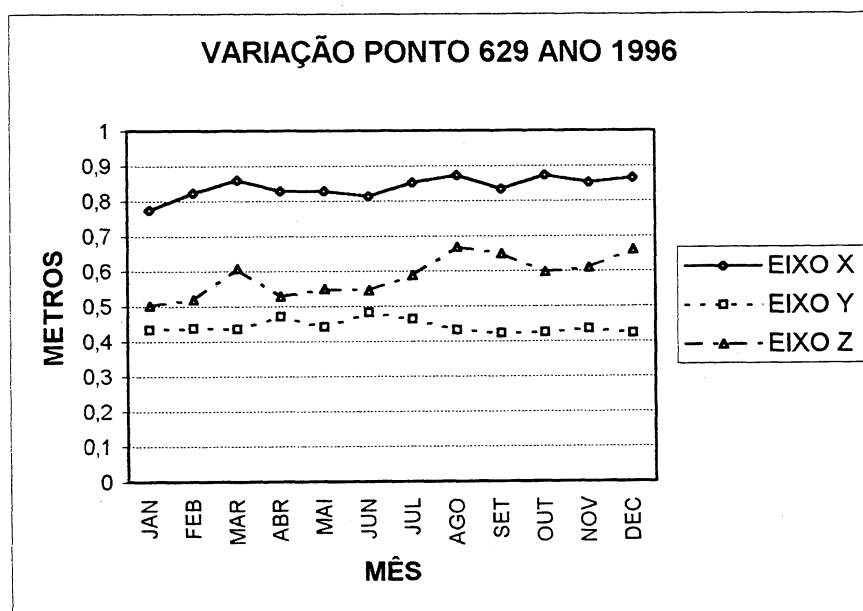
| MÊS | X-627 | Y-627 | Z-627 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3781,7001 | 3629,6525 | 2545,4140 |
| FEB | 3781,7424 | 3629,6058 | 2545,3734 |
| MAR | 3781,7872 | 3629,5779 | 2545,4440 |
| ABR | 3781,7583 | 3629,5588 | 2545,3513 |
| MAI | 3781,7675 | 3629,5046 | 2545,3552 |
| JUN | 3781,7650 | 3629,5168 | 2545,3287 |
| JUL | 3781,8120 | 3629,4623 | 2545,3364 |
| AGO | 3781,8388 | 3629,4029 | 2545,3988 |
| SET | 3781,8080 | 3629,3611 | 2545,3655 |
| OUT | 3781,8639 | 3629,3460 | 2545,2918 |
| NOV | 3781,8561 | 3629,3463 | 2545,2909 |
| DEC | 3781,8808 | 3629,3127 | 2545,3291 |



CONTINUA

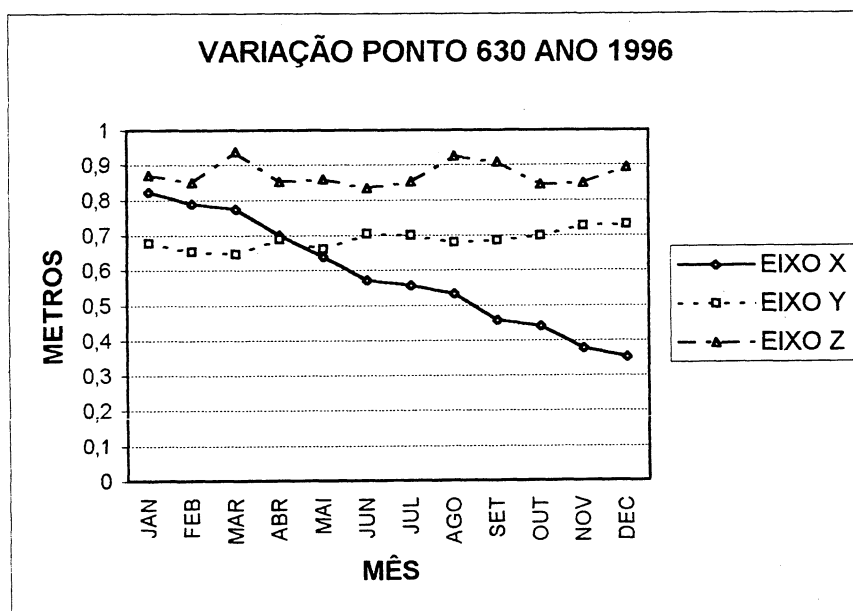
PONTO 629

| MÊS | X-629 | Y-629 | Z-629 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3647,7737 | 3301,4338 | 2544,5012 |
| FEB | 3647,8219 | 3301,4376 | 2544,5183 |
| MAR | 3647,8585 | 3301,4347 | 2544,6080 |
| ABR | 3647,8280 | 3301,4705 | 2544,5276 |
| MAI | 3647,8275 | 3301,4400 | 2544,5475 |
| JUN | 3647,8127 | 3301,4811 | 2544,5440 |
| JUL | 3647,8526 | 3301,4627 | 2544,5869 |
| AGO | 3647,8723 | 3301,4319 | 2544,6676 |
| SET | 3647,8341 | 3301,4217 | 2544,6493 |
| OUT | 3647,8729 | 3301,4234 | 2544,5961 |
| NOV | 3647,8512 | 3301,4359 | 2544,6094 |
| DEC | 3647,8641 | 3301,4215 | 2544,6611 |



PONTO 630

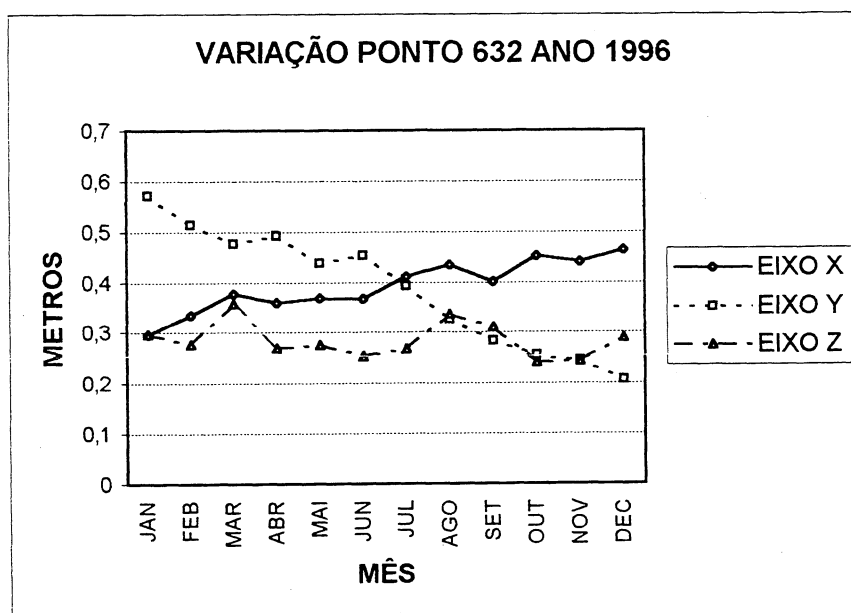
| MÊS | X-630 | Y-630 | Z-630 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3617,8228 | 3162,6792 | 2545,8701 |
| FEB | 3617,7885 | 3162,6550 | 2545,8512 |
| MAR | 3617,7741 | 3162,6478 | 2545,9369 |
| ABR | 3617,7003 | 3162,6892 | 2545,8522 |
| MAI | 3617,6394 | 3162,6621 | 2545,8595 |
| JUN | 3617,5718 | 3162,7036 | 2545,8328 |
| JUL | 3617,5563 | 3162,7010 | 2545,8515 |
| AGO | 3617,5324 | 3162,6808 | 2545,9244 |
| SET | 3617,4558 | 3162,6856 | 2545,9081 |
| OUT | 3617,4407 | 3162,6995 | 2545,8455 |
| NOV | 3617,3769 | 3162,7264 | 2545,8484 |
| DEC | 3617,3516 | 3162,7310 | 2545,8928 |



CONTINUA

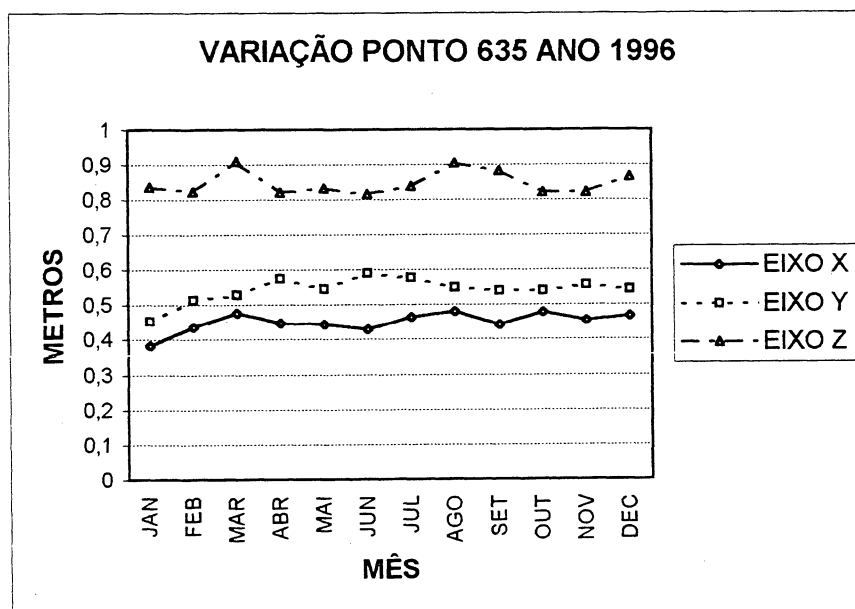
PONTO 632

| MÊS | X-632 | Y-632 | Z-632 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3912,2949 | 3373,5717 | 2724,2972 |
| FEB | 3912,3350 | 3373,5135 | 2724,2758 |
| MAR | 3912,3774 | 3373,4763 | 2724,3587 |
| ABR | 3912,3600 | 3373,4920 | 2724,2686 |
| MAI | 3912,3689 | 3373,4384 | 2724,2750 |
| JUN | 3912,3672 | 3373,4536 | 2724,2530 |
| JUL | 3912,4107 | 3373,3930 | 2724,2676 |
| AGO | 3912,4336 | 3373,3260 | 2724,3360 |
| SET | 3912,4013 | 3373,2828 | 2724,3103 |
| OUT | 3912,4521 | 3373,2540 | 2724,2419 |
| NOV | 3912,4400 | 3373,2439 | 2724,2445 |
| DEC | 3912,4636 | 3373,2074 | 2724,2887 |



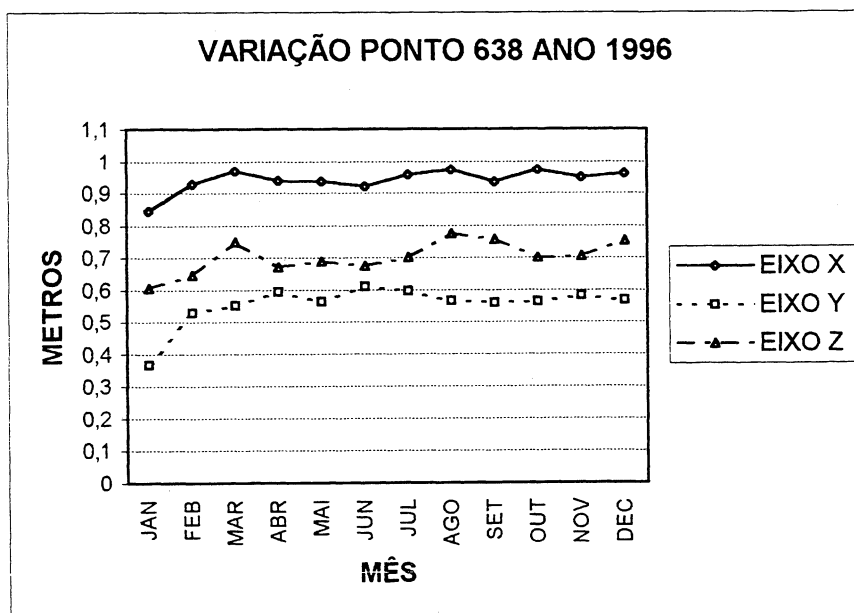
PONTO 635

| MÊS | X-635 | Y-635 | Z-635 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3986,3809 | 3551,4523 | 2724,8359 |
| FEB | 3986,4361 | 3551,5130 | 2724,8216 |
| MAR | 3986,4767 | 3551,5286 | 2724,9089 |
| ABR | 3986,4467 | 3551,5741 | 2724,8207 |
| MAI | 3986,4430 | 3551,5436 | 2724,8307 |
| JUN | 3986,4271 | 3551,5896 | 2724,8155 |
| JUL | 3986,4638 | 3551,5752 | 2724,8369 |
| AGO | 3986,4802 | 3551,5473 | 2724,9043 |
| SET | 3986,4413 | 3551,5385 | 2724,8811 |
| OUT | 3986,4774 | 3551,5387 | 2724,8196 |
| NOV | 3986,4541 | 3551,5550 | 2724,8211 |
| DEC | 3986,4659 | 3551,5424 | 2724,8651 |



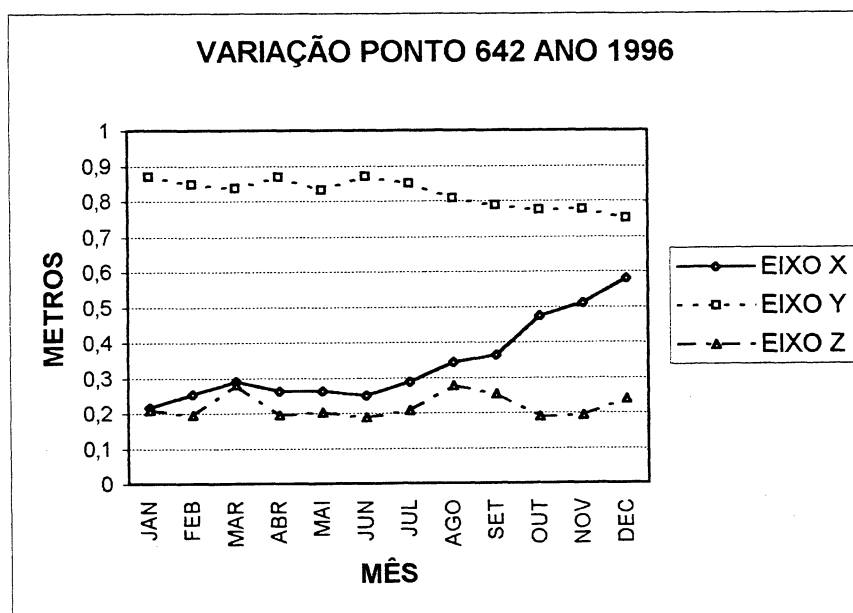
PONTO 638

| MÊS | X-638 | Y-638 | Z-638 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4048,8447 | 3716,3664 | 2723,6057 |
| FEB | 4048,9278 | 3716,5290 | 2723,6466 |
| MAR | 4048,9691 | 3716,5502 | 2723,7495 |
| ABR | 4048,9393 | 3716,5927 | 2723,6711 |
| MAI | 4048,9359 | 3716,5640 | 2723,6875 |
| JUN | 4048,9200 | 3716,6099 | 2723,6751 |
| JUL | 4048,9562 | 3716,5949 | 2723,7010 |
| AGO | 4048,9733 | 3716,5658 | 2723,7756 |
| SET | 4048,9350 | 3716,5596 | 2723,7561 |
| OUT | 4048,9727 | 3716,5631 | 2723,7000 |
| NOV | 4048,9494 | 3716,5803 | 2723,7052 |
| DEC | 4048,9613 | 3716,5677 | 2723,7520 |



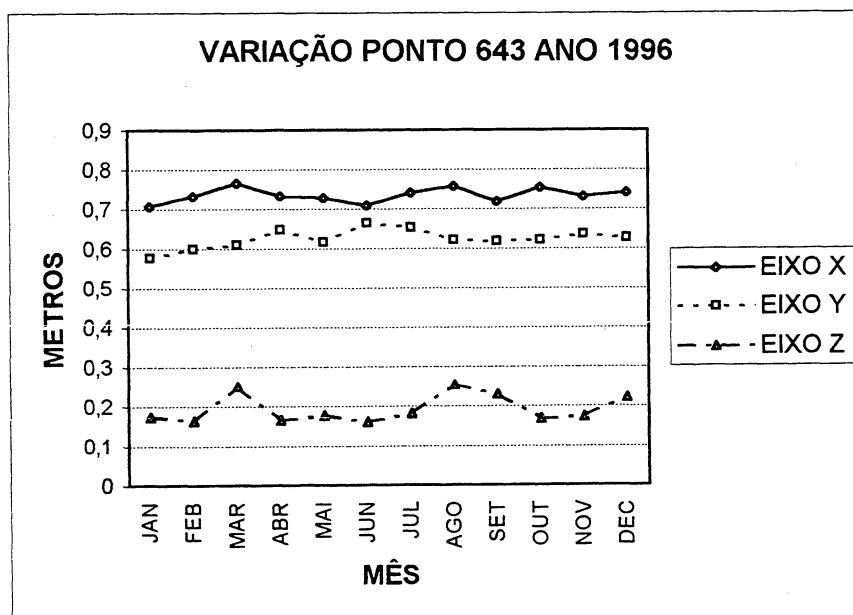
PONTO 642

| MÊS | X-642 | Y-642 | Z-642 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4482,2173 | 3839,8694 | 2943,2093 |
| FEB | 4482,2529 | 3839,8475 | 2943,1945 |
| MAR | 4482,2902 | 3839,8359 | 2943,2816 |
| ABR | 4482,2623 | 3839,8670 | 2943,1936 |
| MAI | 4482,2632 | 3839,8320 | 2943,2021 |
| JUN | 4482,2493 | 3839,8703 | 2943,1867 |
| JUL | 4482,2883 | 3839,8501 | 2943,2080 |
| AGO | 4482,3432 | 3839,8066 | 2943,2778 |
| SET | 4482,3632 | 3839,7868 | 2943,2530 |
| OUT | 4482,4739 | 3839,7742 | 2943,1894 |
| NOV | 4482,5093 | 3839,7768 | 2943,1929 |
| DEC | 4482,5794 | 3839,7503 | 2943,2381 |



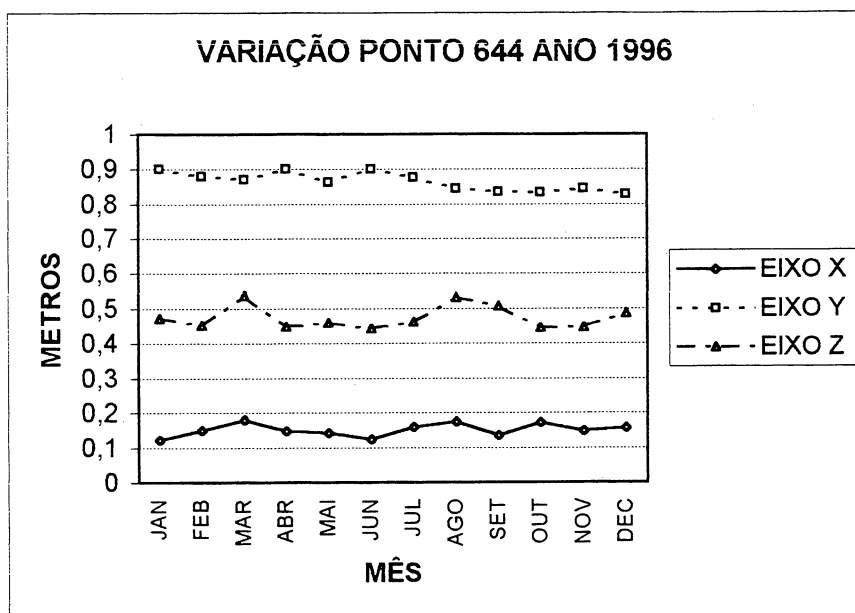
PONTO 643

| MÊS | X-643 | Y-643 | Z-643 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4543,7061 | 4340,5762 | 2932,1737 |
| FEB | 4543,7331 | 4340,5990 | 2932,1645 |
| MAR | 4543,7646 | 4340,6093 | 2932,2518 |
| ABR | 4543,7323 | 4340,6465 | 2932,1660 |
| MAI | 4543,7270 | 4340,6166 | 2932,1767 |
| JUN | 4543,7073 | 4340,6641 | 2932,1616 |
| JUL | 4543,7414 | 4340,6521 | 2932,1830 |
| AGO | 4543,7574 | 4340,6216 | 2932,2539 |
| SET | 4543,7173 | 4340,6173 | 2932,2307 |
| OUT | 4543,7539 | 4340,6216 | 2932,1691 |
| NOV | 4543,7301 | 4340,6364 | 2932,1742 |
| DEC | 4543,7407 | 4340,6253 | 2932,2210 |



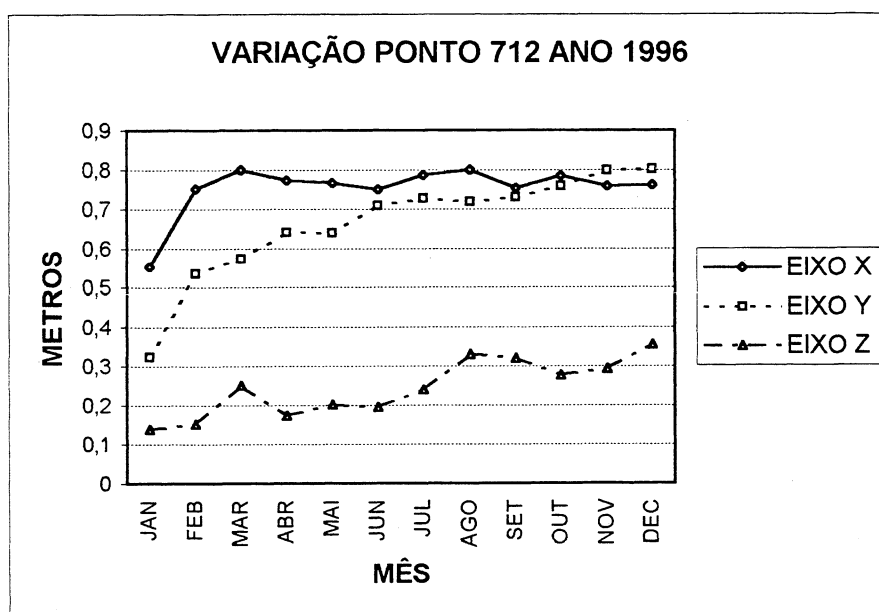
PONTO 644

| MÊS | X-644 | Y-644 | Z-644 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 4474,1229 | 4533,9003 | 2928,4730 |
| FEB | 4474,1504 | 4533,8800 | 2928,4522 |
| MAR | 4474,1800 | 4533,8707 | 2928,5375 |
| ABR | 4474,1479 | 4533,8993 | 2928,4474 |
| MAI | 4474,1436 | 4533,8630 | 2928,4582 |
| JUN | 4474,1248 | 4533,8998 | 2928,4430 |
| JUL | 4474,1593 | 4533,8761 | 2928,4602 |
| AGO | 4474,1755 | 4533,8434 | 2928,5311 |
| SET | 4474,1358 | 4533,8337 | 2928,5079 |
| OUT | 4474,1721 | 4533,8336 | 2928,4443 |
| NOV | 4474,1483 | 4533,8431 | 2928,4462 |
| DEC | 4474,1586 | 4533,8267 | 2928,4877 |



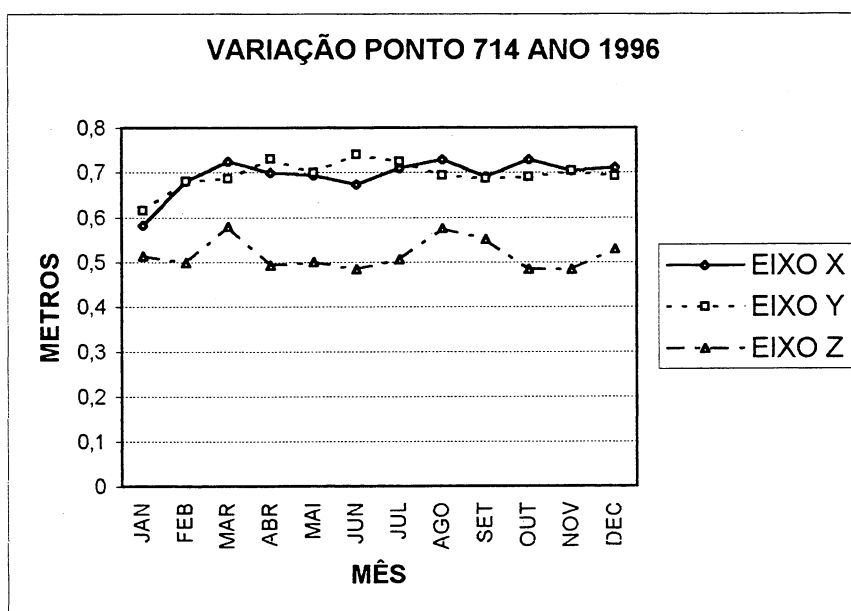
PONTO 712

| MÊS | X-712 | Y-712 | Z-712 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3705,5535 | 2680,8237 | 2753,1382 |
| FEB | 3705,7518 | 2681,0357 | 2753,1526 |
| MAR | 3705,7992 | 2681,0728 | 2753,2516 |
| ABR | 3705,7724 | 2681,1402 | 2753,1738 |
| MAI | 3705,7659 | 2681,1390 | 2753,2018 |
| JUN | 3705,7493 | 2681,2090 | 2753,1945 |
| JUL | 3705,7860 | 2681,2266 | 2753,2391 |
| AGO | 3705,7993 | 2681,2183 | 2753,3296 |
| SET | 3705,7535 | 2681,2296 | 2753,3202 |
| OUT | 3705,7848 | 2681,2587 | 2753,2779 |
| NOV | 3705,7587 | 2681,2978 | 2753,2939 |
| DEC | 3705,7615 | 2681,3012 | 2753,3554 |



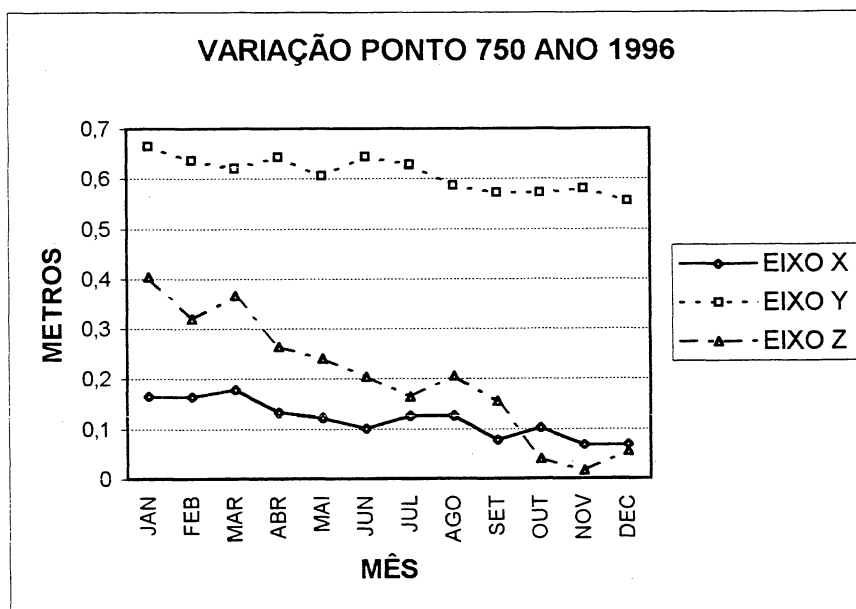
PONTO 714

| MÊS | X-714 | Y-714 | Z-714 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3483,5816 | 2900,6148 | 2493,5132 |
| FEB | 3483,6803 | 2900,6797 | 2493,4989 |
| MAR | 3483,7233 | 2900,6865 | 2493,5794 |
| ABR | 3483,6982 | 2900,7295 | 2493,4923 |
| MAI | 3483,6931 | 2900,6984 | 2493,4992 |
| JUN | 3483,6733 | 2900,7390 | 2493,4837 |
| JUL | 3483,7096 | 2900,7230 | 2493,5054 |
| AGO | 3483,7275 | 2900,6934 | 2493,5746 |
| SET | 3483,6902 | 2900,6866 | 2493,5497 |
| OUT | 3483,7275 | 2900,6906 | 2493,4832 |
| NOV | 3483,7030 | 2900,7039 | 2493,4840 |
| DEC | 3483,7098 | 2900,6922 | 2493,5285 |



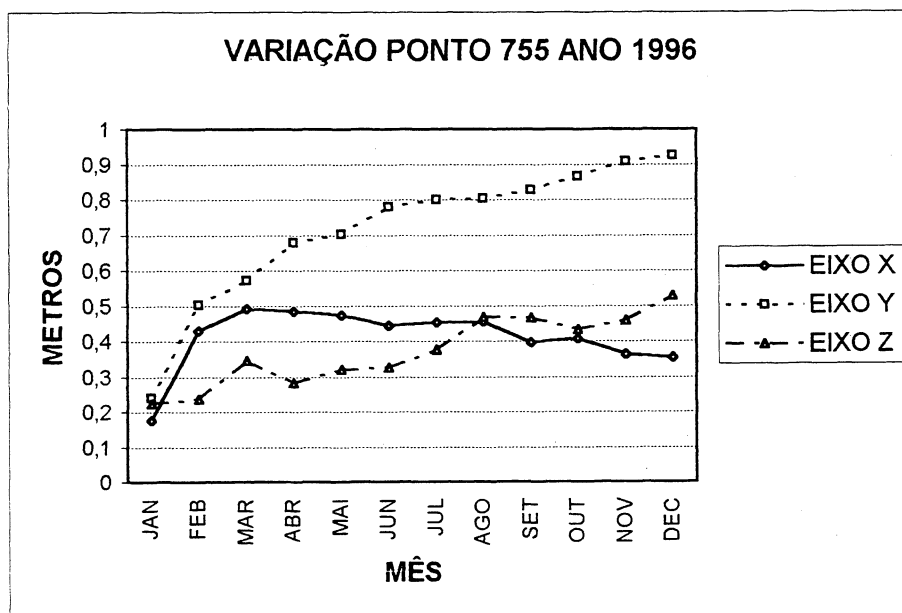
PONTO 750

| MÊS | X-750 | Y-750 | Z-750 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3038,1645 | 2565,6636 | 2544,4037 |
| FEB | 3038,1626 | 2565,6349 | 2544,3198 |
| MAR | 3038,1773 | 2565,6195 | 2544,3661 |
| ABR | 3038,1323 | 2565,6412 | 2544,2645 |
| MAI | 3038,1221 | 2565,6057 | 2544,2408 |
| JUN | 3038,1012 | 2565,6432 | 2544,2048 |
| JUL | 3038,1256 | 2565,6273 | 2544,1626 |
| AGO | 3038,1257 | 2565,5857 | 2544,2060 |
| SET | 3038,0771 | 2565,5720 | 2544,1545 |
| OUT | 3038,1026 | 2565,5722 | 2544,0393 |
| NOV | 3038,0673 | 2565,5795 | 2544,0161 |
| DEC | 3038,0689 | 2565,5548 | 2544,0537 |



PONTO 755

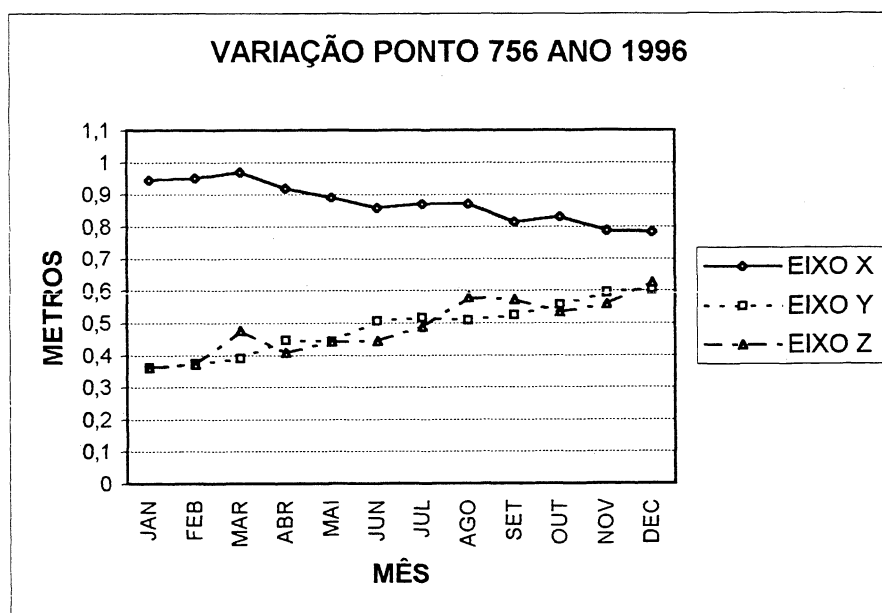
| MÊS | X-755 | Y-755 | Z-755 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3381,1760 | 2683,7404 | 2572,7243 |
| FEB | 3381,4298 | 2684,0028 | 2572,7370 |
| MAR | 3381,4914 | 2684,0728 | 2572,8461 |
| ABR | 3381,4836 | 2684,1788 | 2572,7821 |
| MAI | 3381,4731 | 2684,2019 | 2572,8202 |
| JUN | 3381,4437 | 2684,2806 | 2572,8268 |
| JUL | 3381,4526 | 2684,2993 | 2572,8755 |
| AGO | 3381,4548 | 2684,3039 | 2572,9683 |
| SET | 3381,3971 | 2684,3271 | 2572,9669 |
| OUT | 3381,4079 | 2684,3653 | 2572,9326 |
| NOV | 3381,3631 | 2684,4084 | 2572,9596 |
| DEC | 3381,3539 | 2684,4241 | 2573,0282 |



CONTINUA

PONTO 756

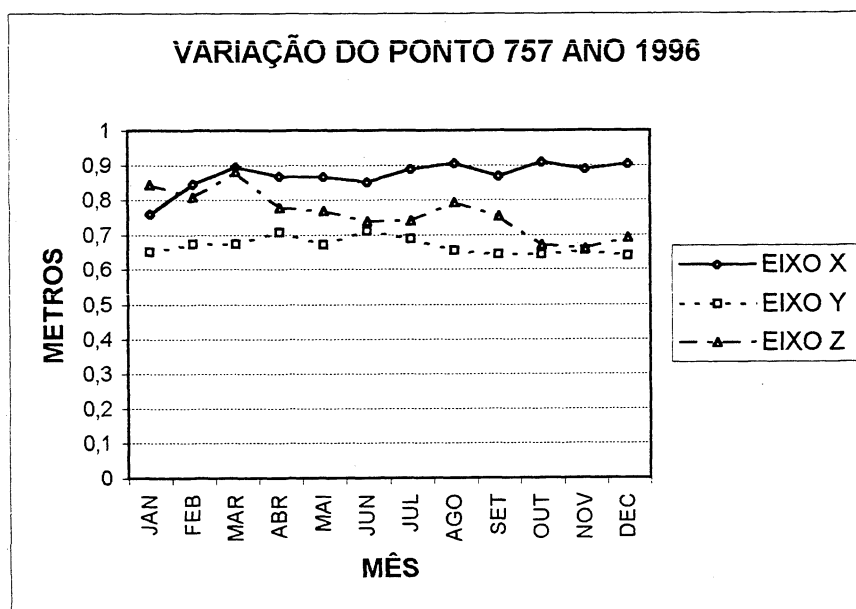
| MÊS | X-756 | Y-756 | Z-756 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3061,9436 | 2323,8614 | 2749,3622 |
| FEB | 3061,9516 | 2323,8733 | 2749,3704 |
| MAR | 3061,9678 | 2323,8900 | 2749,4759 |
| ABR | 3061,9176 | 2323,9457 | 2749,4083 |
| MAI | 3061,8911 | 2323,9419 | 2749,4419 |
| JUN | 3061,8572 | 2324,0063 | 2749,4450 |
| JUL | 3061,8705 | 2324,0177 | 2749,4893 |
| AGO | 3061,8690 | 2324,0095 | 2749,5784 |
| SET | 3061,8137 | 2324,0252 | 2749,5735 |
| OUT | 3061,8304 | 2324,0570 | 2749,5348 |
| NOV | 3061,7874 | 2324,0932 | 2749,5582 |
| DEC | 3061,7825 | 2324,1033 | 2749,6232 |



CONTINUA

PONTO 757

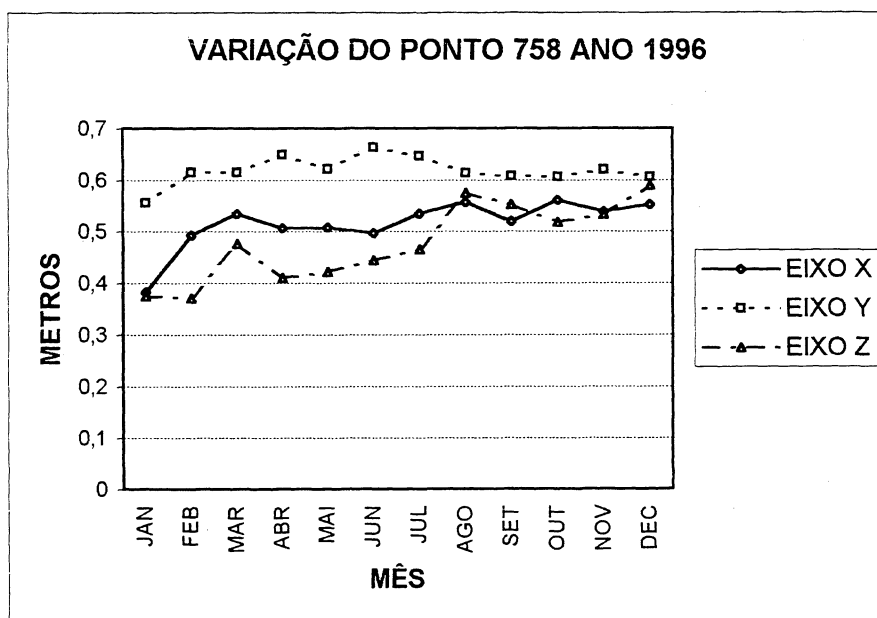
| MÊS | X-757 | Y-757 | Z-757 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3319,7587 | 2390,6512 | 2739,8428 |
| FEB | 3319,8455 | 2390,6738 | 2739,8085 |
| MAR | 3319,8935 | 2390,6742 | 2739,8800 |
| ABR | 3319,8669 | 2390,7072 | 2739,7784 |
| MAI | 3319,8661 | 2390,6720 | 2739,7695 |
| JUN | 3319,8512 | 2390,7104 | 2739,7386 |
| JUL | 3319,8879 | 2390,6888 | 2739,7403 |
| AGO | 3319,9054 | 2390,6545 | 2739,7936 |
| SET | 3319,8675 | 2390,6433 | 2739,7528 |
| OUT | 3319,9091 | 2390,6434 | 2739,6715 |
| NOV | 3319,8874 | 2390,6549 | 2739,6610 |
| DEZ | 3319,9023 | 2390,6396 | 2739,6920 |



CONTINUA

PONTO 758

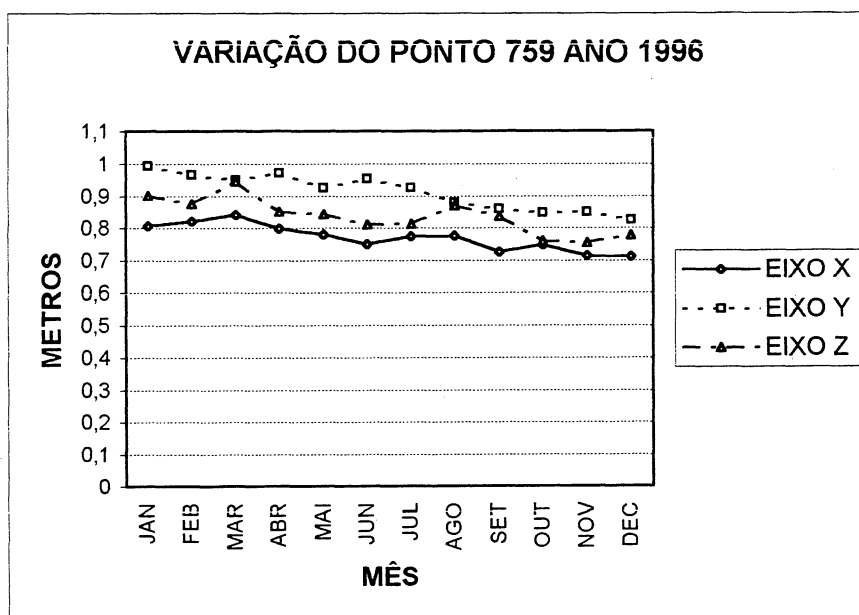
| MÊS | X-758 | Y-758 | Z-758 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3499,8819 | 2545,5553 | 2751,3751 |
| FEB | 3499,9922 | 2545,6150 | 2751,3702 |
| MAR | 3500,0339 | 2545,6142 | 2751,4767 |
| ABR | 3500,0061 | 2545,6487 | 2751,4101 |
| MAI | 3500,0076 | 2545,6212 | 2751,4209 |
| JUN | 3499,9961 | 2545,6618 | 2751,4440 |
| JUL | 3500,0344 | 2545,6459 | 2751,4654 |
| AGO | 3500,0569 | 2545,6136 | 2751,5745 |
| SET | 3500,0193 | 2545,6064 | 2751,5513 |
| OUT | 3500,0602 | 2545,6063 | 2751,5184 |
| NOV | 3500,0375 | 2545,6193 | 2751,5331 |
| DEZ | 3500,0511 | 2545,6055 | 2751,5894 |



CONTINUA

PONTO 759

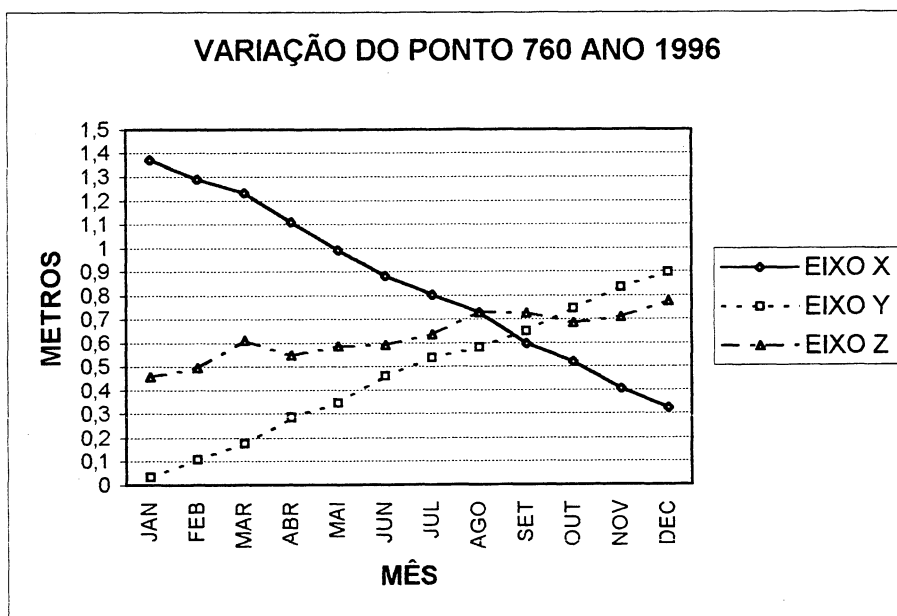
| MÊS | X-759 | Y-759 | Z-759 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3636,8072 | 2773,9938 | 2675,9019 |
| FEB | 3636,8215 | 2773,9657 | 2675,8758 |
| MAR | 3636,8420 | 2773,9496 | 2675,9457 |
| ABR | 3636,7992 | 2773,9712 | 2675,8516 |
| MAI | 3636,7805 | 2773,9250 | 2675,8428 |
| JUN | 3636,7510 | 2773,9543 | 2675,8109 |
| JUL | 3636,7743 | 2773,9252 | 2675,8127 |
| AGO | 3636,7763 | 2773,8802 | 2675,8697 |
| SET | 3636,7265 | 2773,8599 | 2675,8372 |
| OUT | 3636,7489 | 2773,8476 | 2675,7599 |
| NOV | 3636,7143 | 2773,8498 | 2675,7538 |
| DEZ | 3636,7134 | 2773,8252 | 2675,7791 |



CONTINUA

PONTO 760

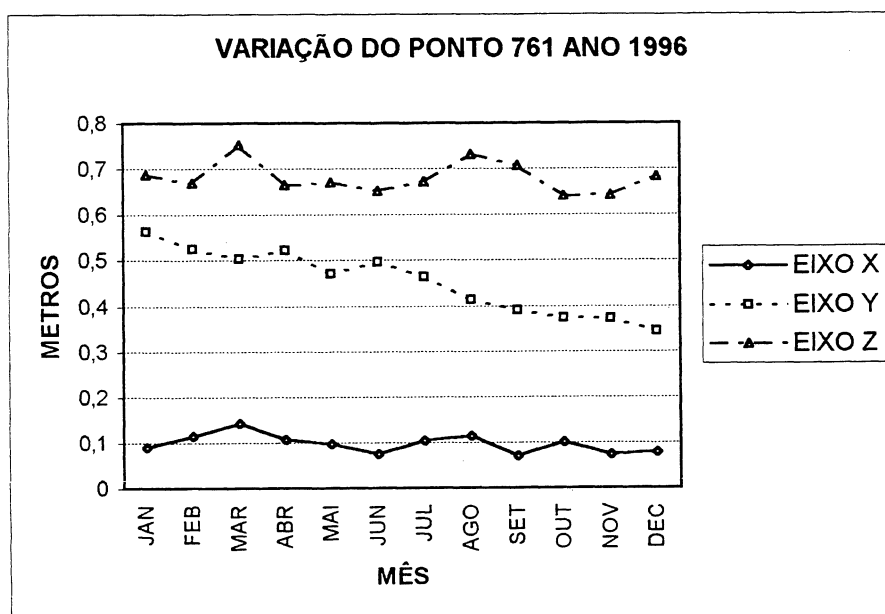
| MÊS | X-760 | Y-760 | Z-760 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3731,8683 | 3048,5327 | 2673,4563 |
| FEB | 3731,7888 | 3048,6081 | 2673,4953 |
| MAR | 3731,7323 | 3048,6761 | 2673,6110 |
| ABR | 3731,6093 | 3048,7843 | 2673,5465 |
| MAI | 3731,4916 | 3048,8454 | 2673,5866 |
| JUN | 3731,3822 | 3048,9610 | 2673,5901 |
| JUL | 3731,3029 | 3049,0372 | 2673,6363 |
| AGO | 3731,2279 | 3049,0810 | 2673,7285 |
| SET | 3731,0971 | 3049,1480 | 2673,7240 |
| OUT | 3731,0193 | 3049,2438 | 2673,6845 |
| NOV | 3730,9040 | 3049,3330 | 2673,7092 |
| DEZ | 3730,8238 | 3049,3943 | 2673,7754 |



CONTINUA

PONTO 761

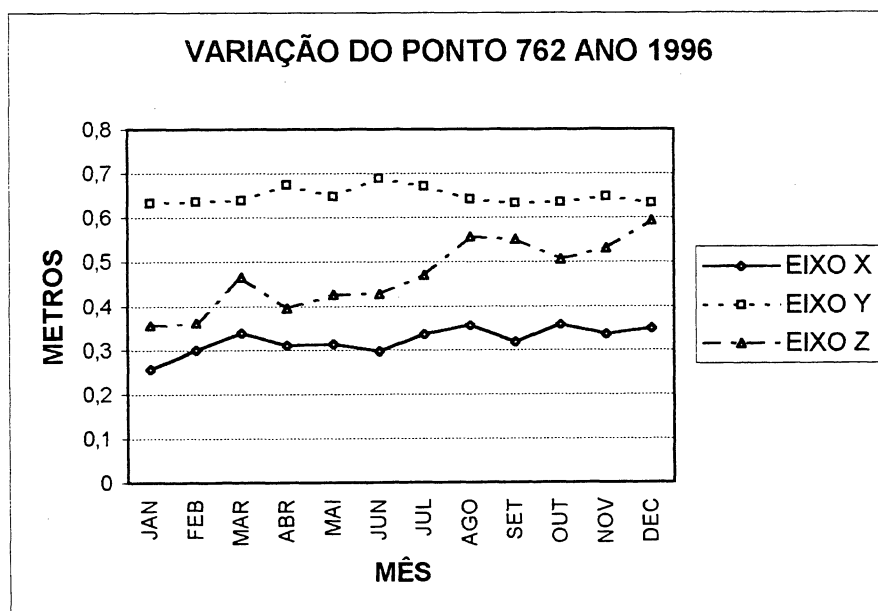
| MÊS | X-761 | Y-761 | Z-761 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3675,0890 | 3088,0621 | 2624,6872 |
| FEB | 3675,1131 | 3088,0249 | 2624,6691 |
| MAR | 3675,1424 | 3088,0034 | 2624,7538 |
| ABR | 3675,1060 | 3088,0216 | 2624,6647 |
| MAI | 3675,0961 | 3087,9704 | 2624,6711 |
| JUN | 3675,0737 | 3087,9958 | 2624,6526 |
| JUL | 3675,1041 | 3087,9627 | 2624,6715 |
| AGO | 3675,1136 | 3087,9137 | 2624,7320 |
| SET | 3675,0701 | 3087,8901 | 2624,7081 |
| OUT | 3675,1009 | 3087,8733 | 2624,6403 |
| NOV | 3675,0724 | 3087,8724 | 2624,6422 |
| DEZ | 3675,0787 | 3087,8436 | 2624,6838 |



CONTINUA

PONTO 762

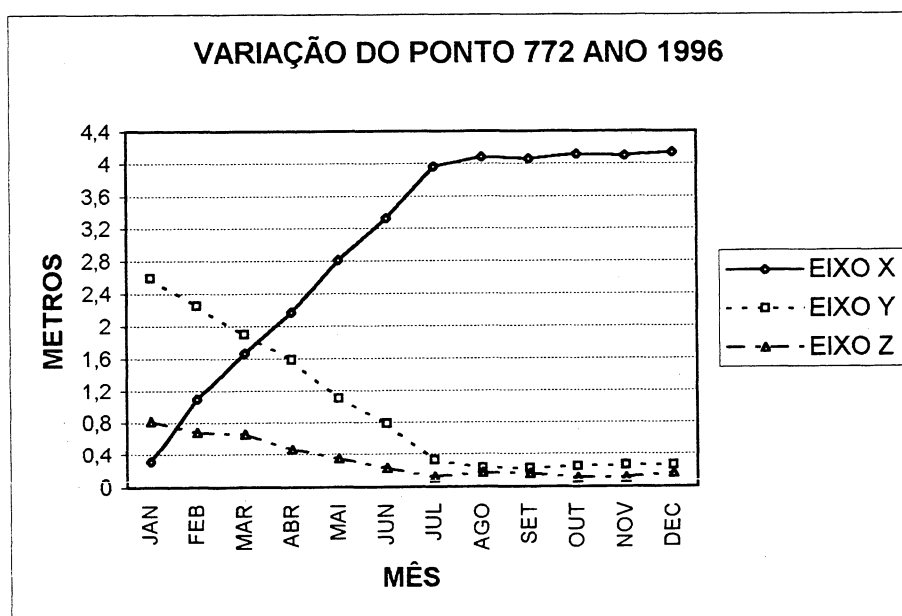
| MÊS | X-762 | Y-762 | Z-762 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3880,2571 | 2719,6332 | 2819,3546 |
| FEB | 3880,2996 | 2719,6362 | 2819,3608 |
| MAR | 3880,3379 | 2719,6379 | 2819,4646 |
| ABR | 3880,3096 | 2719,6734 | 2819,3952 |
| MAI | 3880,3123 | 2719,6470 | 2819,4264 |
| JUN | 3880,2967 | 2719,6881 | 2819,4276 |
| JUL | 3880,3346 | 2719,6704 | 2819,4694 |
| AGO | 3880,3545 | 2719,6413 | 2819,5567 |
| SET | 3880,3165 | 2719,6320 | 2819,5498 |
| OUT | 3880,3562 | 2719,6337 | 2819,5046 |
| NOV | 3880,3341 | 2719,6477 | 2819,5302 |
| DEZ | 3880,3475 | 2719,6332 | 2819,5932 |



CONTINUA

PONTO 772

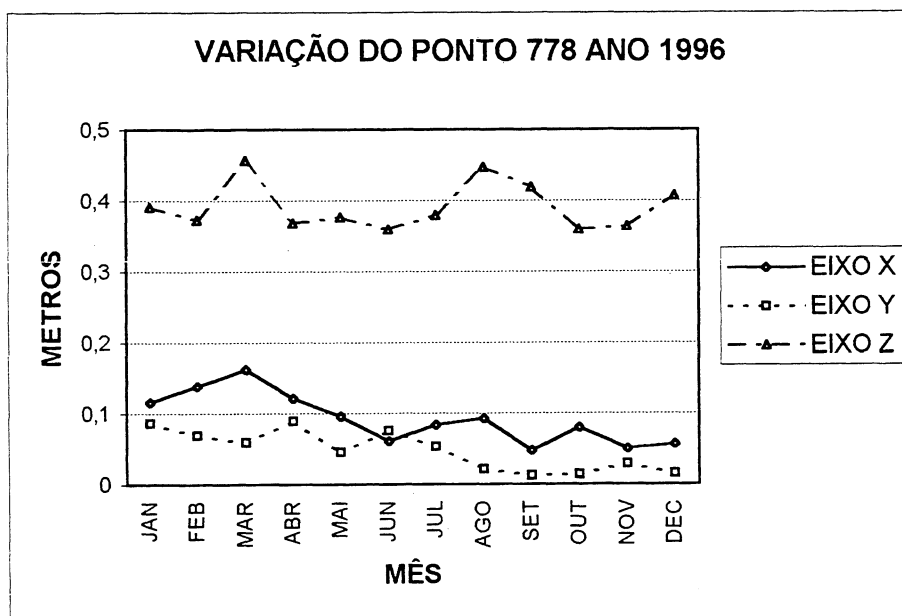
| MÊS | X-772 | Y-772 | Z-772 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3576,8122 | 2855,5935 | 2596,3205 |
| FEB | 3577,5935 | 2855,2452 | 2596,1789 |
| MAR | 3578,1625 | 2854,8943 | 2596,1610 |
| ABR | 3578,6669 | 2854,5857 | 2595,9655 |
| MAI | 3579,3110 | 2854,0979 | 2595,8431 |
| JUN | 3579,8203 | 2853,7844 | 2595,7218 |
| JUL | 3580,4567 | 2853,3172 | 2595,6137 |
| AGO | 3580,5786 | 2853,2215 | 2595,6696 |
| SET | 3580,5508 | 2853,2164 | 2595,6564 |
| OUT | 3580,6135 | 2853,2381 | 2595,6010 |
| NOV | 3580,5982 | 2853,2542 | 2595,6081 |
| DEZ | 3580,6315 | 2853,2590 | 2595,6568 |



CONCLUSÃO

PONTO 778

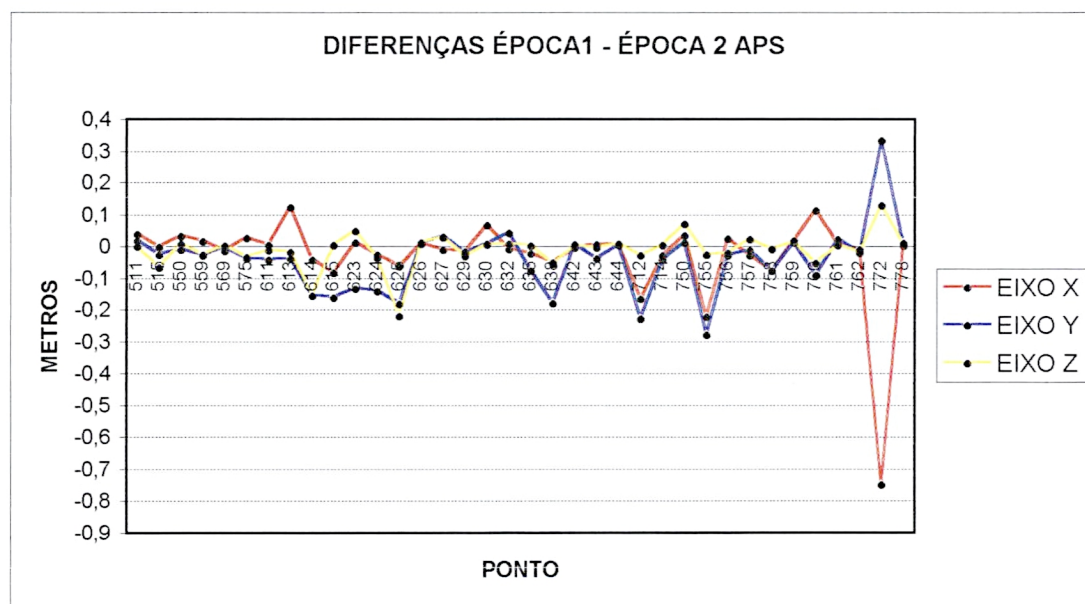
| MÊS | X-778 | Y-778 | Z-778 |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| JAN | 3228,1158 | 2586,0865 | 2544,3903 |
| FEB | 3228,1386 | 2586,0692 | 2544,3723 |
| MAR | 3228,1620 | 2586,0589 | 2544,4560 |
| ABR | 3228,1212 | 2586,0893 | 2544,3675 |
| MAI | 3228,0955 | 2586,0445 | 2544,3758 |
| JUN | 3228,0614 | 2586,0757 | 2544,3588 |
| JUL | 3228,0842 | 2586,0533 | 2544,3786 |
| AGO | 3228,0935 | 2586,0209 | 2544,4468 |
| SET | 3228,0471 | 2586,0117 | 2544,4192 |
| OUT | 3228,0801 | 2586,0136 | 2544,3585 |
| NOV | 3228,0503 | 2586,0281 | 2544,3629 |
| DEZ | 3228,0565 | 2586,0147 | 2544,4069 |



APÊNDICE 2 - TABELAS Y GRAFICOS DAS DIFERENÇAS ENTRE ÉPOCAS
PRODUZIDAS PELOS DADOS DO SISTEMA APS.

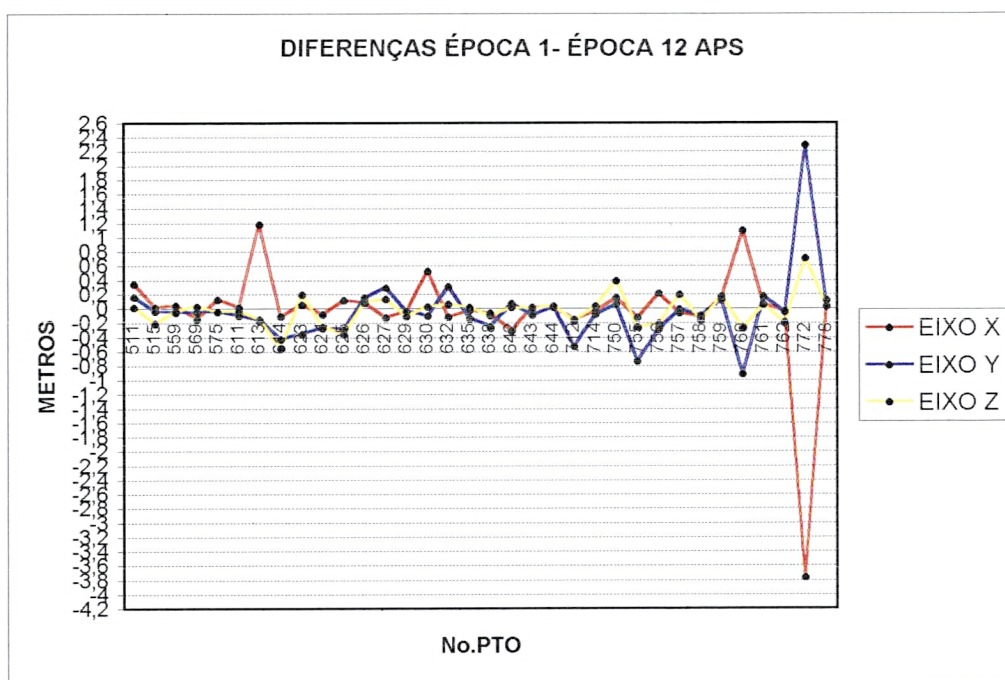
DIFERENÇAS ÉPOCA1- ÉPOCA 2 APS

| pto | x1-x2 | y1-y2 | z1-z2 | pto | x1-x2 | y1-y2 | z1-z2 |
|-----|---------|----------|----------|-----|---------|----------|----------|
| 511 | 0,0358 | 0,01575 | -0,00075 | 635 | -0,0240 | -0,07850 | -0,00025 |
| 515 | -0,0042 | -0,02875 | -0,06825 | 638 | -0,0520 | -0,18050 | -0,05525 |
| 550 | 0,0310 | -0,01100 | 0,00600 | 642 | -0,0048 | 0,00400 | 0,00050 |
| 559 | 0,0140 | -0,03075 | -0,02850 | 643 | 0,0042 | -0,04075 | -0,00500 |
| 569 | -0,0155 | -0,00575 | 0,00125 | 644 | 0,0037 | 0,00300 | 0,00600 |
| 575 | 0,0242 | -0,04075 | -0,03650 | 712 | -0,1670 | -0,23000 | -0,02925 |
| 611 | 0,0032 | -0,04325 | -0,01425 | 714 | -0,0305 | -0,04125 | 0,00225 |
| 613 | 0,1210 | -0,04100 | -0,01900 | 750 | 0,0332 | 0,01125 | 0,06925 |
| 614 | -0,0435 | -0,15650 | -0,15625 | 755 | -0,2228 | -0,28050 | -0,02750 |
| 615 | -0,0845 | -0,16325 | 0,00300 | 756 | 0,0235 | -0,03000 | -0,02275 |
| 623 | 0,0107 | -0,13550 | 0,04750 | 757 | -0,0305 | -0,01325 | 0,02000 |
| 624 | -0,0280 | -0,14350 | -0,03750 | 758 | -0,0788 | -0,07775 | -0,00975 |
| 625 | -0,0645 | -0,18425 | -0,22125 | 759 | 0,0172 | 0,01050 | 0,01175 |
| 626 | 0,0068 | 0,00800 | 0,01125 | 760 | 0,1105 | -0,09325 | -0,05350 |
| 627 | -0,0112 | 0,02875 | 0,02575 | 761 | 0,0073 | 0,01950 | 0,00325 |
| 629 | -0,0170 | -0,02125 | -0,03175 | 762 | -0,0113 | -0,02125 | -0,02050 |
| 630 | 0,0655 | 0,00650 | 0,00400 | 772 | -0,7503 | 0,33050 | 0,12700 |
| 632 | -0,0090 | 0,04000 | 0,00675 | 778 | 0,0085 | -0,0005 | 0,0035 |



DIFERENÇAS ÉPOCA1- ÉPOCA 12 APS

| pto | x1-x12 | y1-y12 | z1-z12 | pto | x1-x12 | y1-y12 | z1-z12 |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|
| 511 | 0,3430 | 0,15575 | 0,00725 | 638 | -0,06925 | -0,25500 | -0,10475 |
| 515 | 0,00900 | -0,04450 | -0,21300 | 642 | -0,31400 | 0,06550 | 0,01300 |
| 559 | 0,03575 | -0,06025 | -0,04125 | 643 | 0,01375 | -0,10225 | -0,00600 |
| 569 | -0,15025 | -0,05375 | 0,01625 | 644 | 0,01200 | 0,02000 | 0,02700 |
| 575 | 0,12175 | -0,05125 | -0,05400 | 712 | -0,15975 | -0,53125 | -0,17575 |
| 611 | 0,00525 | -0,10875 | -0,04425 | 714 | -0,04325 | -0,08950 | 0,02900 |
| 613 | 1,18000 | -0,17000 | -0,16100 | 750 | 0,14375 | 0,05550 | 0,39175 |
| 614 | -0,11225 | -0,43275 | -0,55300 | 755 | -0,13025 | -0,73725 | -0,26250 |
| 623 | 0,04850 | -0,36175 | 0,18850 | 756 | 0,20900 | -0,29575 | -0,21975 |
| 624 | -0,09000 | -0,27625 | -0,25850 | 757 | -0,07075 | -0,01500 | 0,19225 |
| 625 | 0,10525 | -0,2975 | -0,35750 | 758 | -0,1215 | -0,10350 | -0,17325 |
| 626 | 0,07025 | 0,14775 | 0,08375 | 759 | 0,1420 | 0,11525 | 0,16450 |
| 627 | -0,13300 | 0,28600 | 0,12650 | 760 | 1,0920 | -0,91525 | -0,27750 |
| 629 | -0,04250 | -0,04100 | -0,11800 | 761 | 0,0583 | 0,16500 | 0,0450 |
| 630 | 0,51925 | -0,10550 | 0,01900 | 762 | -0,0425 | -0,0535 | -0,1970 |
| 632 | -0,12100 | 0,31075 | 0,05025 | 772 | -3,7715 | 2,28125 | 0,70525 |
| 635 | -0,03700 | -0,14325 | 0,01225 | 778 | 0,10700 | 0,01800 | 0,0250 |



APÉNDICE 3 – FOTOGRAFIAS DOS DESLOCAMENTOS NA MINA DE
CHUQUICAMATA.



